

SÉRIE A N° 949
N° D'ORDRE : 1775

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Marguerite LARBAUD

Licenciée ès Sciences physiques.
Licenciée ès Sciences Naturelles.
Boursière de la Fondation Commercy.

1^{re} THÈSE. — MODIFICATIONS CAUSÉES PAR LE CLIMAT ALPIN
DANS LA MORPHOLOGIE ET L'ANATOMIE FLORALES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le ²³ Novembre 1923, devant la Commission d'examen.

MM. GENTIL..... *Président.*

DANGEARD..... }
PORTIER..... } *Examineurs.*

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRIES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

—
1923



Digitized by the Internet Archive
in 2026

SÉRIE A N° 949
N° D'ORDRE : 1775

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Marguerite LARBAUD

Licenciée ès Sciences physiques.
Licenciée ès Sciences Naturelles.
Boursière de la Fondation Commercay.

1^{re} THÈSE. — MODIFICATIONS CAUSÉES PAR LE CLIMAT ALPIN
DANS LA MORPHOLOGIE ET L'ANATOMIE FLORALES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 23 Novembre 1923, devant la Commission d'examen.

MM. GENTIL..... *Président.*
DANGEARD..... } *Examineurs.*
PORTIER }

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1923

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen MOLLIARD, *Professeur*. Physiologie végétale.

Doyen honoraire . . . P. APPELL.

Professeurs honoraires. { P. PUISEUX.
VÉLAIN.
BOUSSINESQ.
PRUVOT.

Émile PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
KÖNIGS Mécanique physique et expérimentale.
GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
HALLER Chimie organique.
JOANNIS Chimie (Enseignement P. C. N.).
JANET Électrotechnique générale.
WALLERANT Minéralogie.
ANDOYER Astronomie.
PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
HAUG Géologie.
H. LE CHATELIER . . Chimie générale.
Gabriel BERTRAND . . Chimie biologique.
M^{me} P. CURIE Physique générale et radioactivité.
CAULLERY Zoologie (Évolution des êtres organisés).
C. CHABRIÉ Chimie appliquée.
G. URBAIN Chimie minérale.
Émile BOREL Calcul des probabilités et Physiq. mathém.
MARCHIS Aviation.
Jean PERRIN Chimie physique.
ABRAHAM Physique.
CARTAN Mécanique rationnelle.
Cl. GUICHARD Géométrie supérieure.
LAPICQUE Physiologie.
GENTIL Géographie physique.
VESSIOT Théorie des groupes et calcul des variations.
COTTON Physique générale.
DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
C. FABRY Physique.
Charles PÉREZ Zoologie.
Léon BERTRAND . . . Géologie appliquée et géologie régionale.
DANGEARD Botanique.
LESPIEAU Théories chimiques.
LEDUC Physique théorique et Physique céleste.
MONTEL Mathématiques générales.
MAURAIN Physique du globe.
RABAUD Biologie expérimentale.
WINTREBERT Anatomie et physiologie comparées.

Professeurs

HÉROUARD Zoologie.
Rémy PERRIER . . . Zoologie (Enseignement P. C. N.).
SAGNAC Physique théorique et Physique céleste.
PORTIER Physiologie.
BLAISE Chimie organique.
PÉCHARD Chimie (Enseignement P. C. N.).
AUGER Chimie analytique.
M. GUICHARD Chimie minérale.
GUILLET Physique.

Secrétaire Daniel TOMBECK.



A LA MÉMOIRE
DE
GASTON BONNIER
MEMBRE DE L'INSTITUT
PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

HOMMAGE RESPECTUEUX ET RECONNAISSANT

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

EN TÉMOIGNAGE D'AFFECTION

A LA MÉMOIRE

DE

LOUIS DÉRIARD

TOMBÉ AU CHAMP D'HONNEUR

MAUREPAS (SOMME). 10 OCTOBRE 1916

A L'ÂGE DE VINGT ANS

MODIFICATIONS CAUSÉES PAR LE CLIMAT ALPIN DANS LA MORPHOLOGIE ET L'ANATOMIE FLORALES

Par **Marguerite LARBAUD**

LICENCIÉE ÈS SCIENCES PHYSIQUES, LICENCIÉE ÈS SCIENCES NATURELLES,
BOURSIÈRE DE LA FONDATION COMMERCEY

INTRODUCTION

Ces recherches ont débuté en 1918, au Pic du Midi de Bigorre et à Bagnères. Guidée par M. Joseph Bouget, le Botaniste expérimenté et dévoué de l'Observatoire du Pic du Midi, je fis d'abord quelques observations sur l'influence de l'altitude, sur la pigmentation des plantes alpines. Pendant l'été de 1919, retournant dans les Hautes-Pyrénées, j'eus l'honneur d'être présentée à Gaston Bonnier, qui voulut bien s'intéresser aux recherches que je venais d'entreprendre. Les nombreuses cultures expérimentales qu'il avait installées, dès 1884, dans les Alpes et les Pyrénées, les observations qu'il faisait chaque année pendant ses séjours de vacances à la montagne et ses importantes publications sur toutes les questions d'adaptation des végétaux aux différents climats disent assez que je ne pouvais rencontrer un meilleur guide pour des recherches sur les plantes alpines.

Avant d'exposer mes travaux, je tiens à dire toute la reconnaissance que je dois au grand savant que la Science vient de perdre ; pendant tout le cours de ces recherches, il n'a cessé de me prodiguer ses conseils et ses encouragements, tantôt m'aidant à récolter et à fixer les boutons floraux dans les Pyrénées et dans les Alpes, tantôt examinant mes prépara-

tions au Laboratoire de la Sorbonne et se réjouissant lorsque je pouvais lui signaler un nouveau résultat. Puisque tout ce travail a été fait grâce à ses conseils et à sa bonté, qu'il me soit permis de le consacrer à sa mémoire comme un hommage de profonde gratitude.

Dès ma rencontre avec Gaston Bonnier à Gripp (août 1919), mes recherches étaient définitivement orientées vers l'influence de l'altitude sur l'anatomie de la fleur. Un second séjour à l'observatoire du Pic du Midi de Bigorre, à 2 860 mètres d'altitude, me permit de recueillir les premiers matériaux nécessaires à ce travail. Je remercie M. Joseph Bouget, qui m'aida dans ces premières récoltes et voulut bien m'expédier avec le plus grand soin toutes les fleurs montagnardes dont j'eus besoin; je remercie aussi M. Rey, alors directeur de l'observatoire du Pic du Midi, qui me fit un accueil bienveillant et me permit de faire un excellent séjour d'étude à cette grande altitude.

Après ces deux voyages dans les Pyrénées centrales françaises, c'est dans les Alpes que j'ai continué mes observations sur la flore alpine et ma récolte de matériaux de recherches. En 1920, mes herborisations de vacances eurent lieu dans le massif de la Vanoise (Savoie), puis dans la vallée de Chamonix, la région de Saint-Gervais, Le Fayet et plus spécialement Les Contamines (Haute-Savoie), à 1 200 mètres d'altitude, où un séjour de six semaines me permit de nombreuses excursions dans le Massif du Mont-Blanc.

Un peu au-dessus du col du Lautaret (Hautes-Alpes), à 2 100 mètres d'altitude, se trouve un très beau jardin alpin dépendant de la Faculté des Sciences de Grenoble. Cette région du Lautaret est admirablement choisie pour des études sur la flore alpine, et les nombreux et illustres botanistes qui sont venus y herboriser ont dit tout l'intérêt que présente cette région si florifère. Au centre du jardin alpin, le Touring-Club a fait construire un chalet-laboratoire. C'est là que je reçus l'hospitalité, pendant les vacances de 1921, avec M^{lle} Michel, qui travaillait la question des Renonculacées alpines. Nous fûmes les deux premières à bénéficier de cette heureuse initiative du Touring-Club, que je suis bien aise de

signaler ici, en remerciant son président, M. Defert, qui m'a permis d'achever dans de si bonnes conditions la récolte de mes matériaux de recherches. Mes remerciements vont aussi à M. le professeur Mirande, qui a aménagé avec tant de soins et de dévouement le laboratoire que nous devions inaugurer et qui a bien voulu, ainsi que M. Offner, faire plusieurs herborisations avec nous dans les parties les plus intéressantes de la région du Lautaret.

Pour un sujet comme celui-ci, le travail des vacances était celui qu'il fallait entreprendre d'abord pour rassembler toutes les plantes de montagne nécessaires et noter les observations sur la floraison. Les échantillons comparables de plaine viennent de nombreuses localités, ainsi que je l'indiquerai dans le cours de ce travail. Cependant, je dois faire remarquer que la plus grande partie de ces échantillons viennent du Charolais, où j'ai pu les récolter pendant l'année scolaire 1919-1920, faisant souvent appel à la complaisance de M. Chassignol, instituteur à La Boulaye, qui voulut bien alors faire de nombreuses herborisations avec moi et, dans la suite, m'envoyer toutes les fleurs de plaine dont j'avais besoin et que je ne pouvais trouver dans la banlieue parisienne. Je le remercie de tous les services qu'il m'a ainsi rendus si obligeamment.

C'est au laboratoire de botanique de la Faculté des Sciences de Paris, sous la direction de Gaston Bonnier, que j'ai fait ces recherches. Pendant l'année scolaire 1921-1922, boursière du Muséum national d'Histoire naturelle, j'ai aussi reçu l'hospitalité dans le laboratoire d'organographie et de physiologie végétales qu'y dirige M. le professeur Costantin. Je lui reste très reconnaissante de l'accueil qu'il a bien voulu m'y faire et des travaux que j'ai pu entreprendre et achever dans son laboratoire au Muséum pendant cette année scolaire.

Enfin, chaque année à l'automne, j'ai pu aussi aller faire quelques recherches au laboratoire de biologie végétale de Fontainebleau. Les travailleurs qui sont venus dans ce laboratoire savent quelle bonté et quel dévouement son fondateur et directeur témoignait à tous. La tranquillité de ce labora-

toire, si admirablement situé, en pleine forêt, permettait au Maître de suivre de plus près tous nos travaux. Pendant tout le cours de ces recherches, les journées passées à Fontainebleau ont été les meilleures et les plus fructueuses. Je tiens aussi à remercier très spécialement M. Léon Dufour, le directeur adjoint de ce laboratoire, pour sa bienveillance et ses conseils, qui m'ont été très profitables pour ce travail, ainsi que ceux de M. Guilliermond, que je remercie aussi bien sincèrement.

J'adresse encore tous mes remerciements à M. Couvreur, professeur de physiologie à la Faculté des Sciences de Lyon; à M. Chiffot, chef des travaux pratiques de botanique de cette même Faculté; à M. Douin, préparateur au laboratoire de botanique de la Sorbonne, à M. Adrien Davy de Virville et à M. Gaume, conservateur des collections de ce laboratoire, pour tous les échantillons de plantes alpines qu'ils ont bien voulu me récolter si obligeamment, et à M^{lle} Julie Poinot, pour les dessins de cette thèse.

M. le professeur Dangeard a bien voulu accepter d'examiner ce travail. Je le prie d'agréer l'expression de mes sincères remerciements.

CHAPITRE PRÉLIMINAIRE

Dans ce mémoire, je me propose d'étudier l'influence de l'altitude sur la date et la durée de la floraison, sur la morphologie et l'anatomie des fleurs de plantes ubiquistes récoltées depuis le niveau de la mer jusqu'à l'extrême limite de leur végétation. Cette étude comparée des caractères floraux, qui n'a pas encore été entreprise, permet de se rendre compte comment les plantes de plaine se modifient pour vivre sur les hautes montagnes.

L'intérêt général qui peut résulter de ce travail, c'est de pouvoir montrer les caractères d'adaptation des différentes pièces florales, caractères qui diffèrent souvent d'une espèce à l'autre, mais qui sont d'autant plus accentués que la partie florale considérée est plus près de la périphérie dans le bouton. Les résultats obtenus contribueront au développement de la science nouvelle fondée par Gaston Bonnier et qui a été nommée l'anatomie expérimentale.

* * *

Dans une première partie de ce travail, je ferai une courte analyse des principaux travaux bibliographiques, étudiant la question de l'adaptation des plantes au climat alpin.

Dans une deuxième partie, j'indiquerai le lieu et le mode de récolte des échantillons étudiés, la technique opératoire spéciale suivie pour l'inclusion dans la paraffine et les mensurations faites sur les échantillons venant de diverses altitudes dans l'herbier de la Flore de France du Muséum d'Histoire naturelle.

La troisième partie, qui sera la plus considérable, comprendra l'exposé de mes recherches; j'indiquerai, pour chacune des espèces étudiées, les particularités intéressantes sur le lieu et la date de végétation et de floraison, sur la taille de la plante, en plaine et en montagne, et surtout je comparerai

l'anatomie des différentes pièces florales d'une même espèce végétale aux diverses altitudes considérées.

Enfin, les conclusions générales de ces recherches anatomiques seront complètement résumées dans la quatrième partie.

PREMIÈRE PARTIE

BIBLIOGRAPHIE

L'étude des modifications morphologiques et anatomiques de la fleur par le climat alpin n'a pas encore été entreprise.

J'ai mentionné, à la fin de ce mémoire, des ouvrages se rapportant au sujet de ce travail, soit parce qu'ils traitent de la biologie ou de l'anatomie florale en général, soit parce qu'ils ont pour objet l'étude à diverses altitudes des parties de la plante autres que la fleur.

Parmi tous ces travaux, je ne mentionnerai ici que ceux de Gaston Bonnier. La longue liste des publications de cet auteur sur toutes les questions d'adaptation des plantes aux différents climats montre assez que c'est lui qui a le plus étudié ce sujet.

D'autre part, il a donné, dans ses œuvres, l'analyse des principaux travaux antérieurs aux siens et de ceux qui ont été publiés jusqu'à ces dernières années sur les transformations que le climat alpin fait subir aux plantes ubiquistes.

Commencées en 1884, ses observations et ses cultures expérimentales dans les Alpes et dans les Pyrénées se poursuivirent pendant une période de trente-huit ans. L'auteur a exposé et résumé le résultat de toutes ses recherches dans les trois mémoires suivants :

Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. II, 1890).

Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin (*Annales des Sciences naturelles*, Bot., 7^e série, t. XX, 1895).

Nouvelles observations sur les cultures expérimentales à diverses altitudes (Cultures par semis, *Revue générale de Botanique*, t. XXXII, 1920).

Dans le premier mémoire, l'auteur ne s'occupe que des modifications des caractères extérieurs de la plante. Il donne les résultats obtenus sur un très grand nombre d'espèces cultivées à différentes altitudes pendant une période de six ans.

Le second mémoire, publié cinq ans plus tard, contient la suite des observations précédentes sur la morphologie comparée et, de plus, il renferme l'étude anatomique de toutes ces espèces en plaine et en montagne.

Enfin, vingt-cinq ans plus tard, en 1920, Gaston Bonnier publie les résultats de ses observations sur les cultures expérimentales établies dès 1884 et sur celles qu'il a faites depuis cette date. Toutes ces cultures avaient été établies jusqu'alors à partir de boutures, comme je vais l'indiquer. En 1919, l'auteur fait des semis en plaine et à diverses altitudes dans les Pyrénées centrales. J'ai pu aller observer sur place ces dernières cultures comparatives et noter les différences de leur développement et de leur morphologie.

Je dois exposer ici sommairement les conditions dans lesquelles Gaston Bonnier a établi toutes ses cultures expérimentales et les conclusions auxquelles il est arrivé parce que je me suis appuyée sur ces résultats pour établir les recherches qui font l'objet du présent travail.

A la suite de ses voyages dans les Alpes françaises, l'Auvergne, les Pyrénées, la Scandinavie, les Carpathes et les Alpes autrichiennes, l'auteur remarque qu'une étude expérimentale ne peut être abordée d'une manière profitable en comparant entre eux des échantillons quelconques de la même espèce. Il lui semble nécessaire, pour arriver à des conclusions rigoureuses, de s'adresser pour une espèce déterminée à des plantes issues d'un même pied initial et placées en même temps dans des climats différents. Dès 1884, il établit donc des cultures comparées de cette façon dans des stations très diverses des Alpes et des Pyrénées et dans le Gers et les environs de Paris. Pour éliminer l'influence due à la nature du sol, l'auteur a fait transporter de la terre provenant de la station supérieure, de telle sorte que les plantes à comparer se sont trouvées sur un sol de même nature. De plus, pour établir les comparaisons, le plant cultivé à une altitude élevée et le plant cultivé à la station la plus basse provenaient du même pied qui avait été divisé en deux.

« Une des questions les plus importantes à résoudre dans

toutes ces cultures, c'est le choix des espèces à soumettre aux comparaisons. Si la plante étudiée ne peut facilement supporter les climats que lui offrent les altitudes différentes, on s'expose à comparer deux plants issus du même être, il est vrai, mais dont l'un se développera peut-être d'une manière anormale par suite du changement de climat qu'on lui a fait subir. C'est ainsi qu'on ne saurait obtenir des résultats valables en comparant les espèces alpines naturelles aux plants des mêmes espèces cultivées dans un jardin botanique de la plaine. L'espèce alpine ne pourra être maintenue en plaine qu'artificiellement et en prenant les caractères d'une plante horticole. Réciproquement, les espèces spéciales aux plaines et qu'on ne rencontre jamais dans les montagnes ne peuvent pas, en général, s'adapter au climat alpin et ne sauraient donner aucun résultat intéressant dans les cultures comparatives. » (*Cultures expérimentales*, etc., p. 515.)

Gaston Bonnier n'a donc choisi pour ses cultures expérimentales que des plantes qu'on trouve spontanément aux diverses altitudes et, en particulier, dans les régions avoisinant immédiatement ces cultures.

Le nombre des espèces étudiées dépasse deux cents, parmi lesquelles se trouvent à peu près toutes les espèces que j'ai choisies pour mes recherches.

Je résume ici, en les groupant, les conclusions des trois mémoires indiqués.

Les modifications morphologiques et anatomiques dans l'échantillon de l'altitude supérieure par rapport à l'individu originaire pris dans la plaine sont les suivantes :

1^o La taille est plus petite.

2^o L'ensemble des parties souterraines est relativement plus développé par rapport à l'ensemble des parties aériennes. Les rhizomes et les racines présentent peu de modifications anatomiques ; toutefois, le calibre des vaisseaux est relativement plus étroit et le liège est plus précoce.

3^o Les tiges aériennes sont plus courtes, plus velues, plus étalées, plus rapprochées du sol et à entre-nœuds moins nombreux et moins longs.

4^o Les tiges ont, en général, le tissu cortical plus épais

par rapport au diamètre du cylindre central ; l'épiderme a une cuticule mieux marquée et ses cellules, des parois plus épaisses ; un certain nombre d'assises sous-épidermiques du cylindre cortical renforcent souvent cet épiderme ; les divers tissus du cylindre central sont en général moins différenciés ; quand le liège existe, il est relativement plus précoce et relativement plus épais pour des rameaux du même âge ; lorsqu'il y a des canaux sécréteurs, ils sont plus grands relativement ou même en valeur absolue ; enfin les stomates sont plus nombreux.

5° Les feuilles sont, en général, plus petites, sauf parfois dans la région subalpine, plus poilues, plus épaisses et d'un vert plus foncé.

6° Le limbe des feuilles a un tissu palissadique plus développé, soit parce que ses cellules sont plus longues et plus étroites, soit parce que le nombre des rangées palissadiques est plus considérable ; de plus, les cellules renferment un plus grand nombre de grains de chlorophylle, chaque grain a souvent une teinte plus verte. Quand il y a des canaux sécréteurs, ils sont plus grands. L'épiderme, moins différent que celui de la tige, présente cependant une cuticule plus marquée. Les cellules sous-épidermiques sont plus développées ; le nombre des stomates est plus grand par unité de surface, surtout sur la face supérieure du limbe.

7° Les fleurs sont relativement beaucoup plus grandes et quelquefois même plus grandes en valeur absolue ; elles sont plus vivement colorées.

8° En général, tous les plants originaires de la plaine sont demeurés en bon état de développement (après trente-cinq ans d'observation) lorsqu'ils appartenaient à des espèces qui peuvent tolérer à l'état naturel les différences d'altitude auxquelles elles ont été plantées.

9° Les plants de plusieurs espèces originaires de la plaine se sont souvent modifiés par l'adaptation au climat alpin de façon à devenir identiques à des formes alpines qui ont été décrites par plusieurs auteurs comme des espèces de premier ordre.

10° Toutes les espèces à aire altitudinale étendue ont un

optimum d'altitude pour leur meilleur développement.

11° Un certain nombre d'espèces annuelles prises en plaine et transplantées à d'assez grandes altitudes peuvent devenir bisannuelles, perennantes et même vivaces.

12° En s'adaptant au climat alpin, les plants des cultures provenant d'un pied initial de plaine sont devenus, au bout d'un temps plus ou moins long suivant l'espèce considérée, en tous points identiques aux plants qu'on trouve à l'état spontané à la même altitude.

A la fin de ce travail, je ferai remarquer que les résultats obtenus pour les pédoncules floraux coïncident avec ceux qui sont indiqués ici pour les tiges et que les modifications que j'ai observées dans les sépales sont analogues à celles que Gaston Bonnier indique pour les feuilles.

Mais je tiens à faire ici une remarque d'une très grande importance pour la valeur des résultats que j'indique. Les échantillons que j'ai récoltés dans les Alpes et dans les Pyrénées viennent de pieds qui y croissent à l'état spontané ; la dernière des conclusions que j'ai indiquées pour les recherches de Gaston Bonnier rend ce choix parfaitement légitime, puisque les plants de plaine, transportés en altitude, deviennent en tous points identiques à ceux qu'on y rencontre spontanément. Si j'avais dû faire des cultures expérimentales et attendre la complète adaptation des plants de basse altitude au climat alpin, il m'aurait au moins fallu une dizaine d'années d'observations.

Je dois encore noter que les comparaisons anatomiques de Gaston Bonnier n'ont pas porté sur la fleur, mais exclusivement sur l'appareil végétatif. Toutefois, on trouve dans ses recherches sur l'anatomie expérimentale quelques coupes dans des pédoncules et très rarement dans des pétales de fleurs épanouies.

Je l'ai mentionné pour les plantes que j'ai étudiées.

DEUXIÈME PARTIE

TECHNIQUE

Les matériaux employés pour ces recherches ont été récoltés à des altitudes très diverses variant entre le niveau de la mer et 3 000 mètres.

Les échantillons de plaine ont pour lieux d'origine Lille, Valenciennes, Chantilly, le jardin du Muséum d'Histoire naturelle, Ris-Orangis (Seine-et-Oise), Villebon-Palaiseau (Seine-et-Oise), Fontainebleau, Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire), Toulon-sur-Arroux (Saône-et-Loire), La Boulaye (Saône-et-Loire), le Parc de la Tête-d'Or à Lyon et Bagnères-de-Bigorre.

Ceux de montagne ont été récoltés, pour les Pyrénées, dans toute la région du Pic du Midi de Bigorre et, en particulier, à Artigues (1 200 m.), à Pène Blanco (2 000 m.), au col de Sencours (2 500 m.) vers le lac d'Oncet (2 200 m.) près de l'Observatoire (2 860 m.), à la Table d'Orientation du Pic (2 877 m.) ; pour les Alpes, les environs du Lautaret et plus spécialement la vallée de la Romanche, le pied du Col (1 800 m.), le Villars-d'Arène (1 800 m.), le col du Lautaret (2 050 m.), le Jardin alpin (2 100 m.), l'Alp du Villars-d'Arène (2 100 m.), le bois de la Madeleine entre 1 770 et 2 000 mètres, Prime-Messe entre 1 800 et 2 000 mètres, le Galibier (2 600 m.) ; en Savoie, la région du Massif de la Vanoise (Pralognan, 1 500 m.), le cirque de l'Arcelin, le Bochor, etc...) ; en Haute-Savoie, la vallée de Chamonix (1 000 à 1 200 m.), les moraines du glacier des Bossons, Saint-Gervais (800 m.), Le Fayet, Les Contamines (1 200 m.), le mont Joly, la vallée de l'Armanette (1 800 m.), le glacier de Tré-la-Tête (2 000 m.), etc...

Comme matériaux, j'avais d'abord récolté, pendant mon premier séjour dans les Pyrénées, des fleurs épanouies. Mais j'ai remarqué que de telles fleurs étaient des échantillons

insuffisants pour une étude anatomique. En effet, pour certaines espèces, le calice tombe à l'épanouissement de la fleur; de plus, très souvent, la corolle offre après l'anthèse un commencement de désorganisation de son mésophylle, les deux épidermes des pétales et les petits faisceaux libéro-ligneux restant seuls bien conservés; enfin les étamines vidées plus ou moins complètement et les stigmates présentent aussi, après l'épanouissement de la fleur, des déformations et des altérations.

Pour ces différentes raisons, j'ai récolté pour ces recherches des boutons floraux aussi près que possible de leur épanouissement. Toutefois, j'ai employé les pétales des fleurs épanouies pour l'étude des papilles qui s'y trouvent bien plus développées que dans le bouton.

Pour obtenir des coupes ayant toutes les parties de la fleur bien conservées et en place, j'ai dû inclure tous mes échantillons floraux dans la paraffine. Je ne décrirai pas les méthodes d'inclusion si répandues actuellement; cependant je dois mentionner un perfectionnement que j'ai fait subir à ces méthodes en introduisant l'emploi de l'alcool butylique normal qui rend maintenant de précieux services pour les inclusions de pièces anatomiques délicates (1).

Les principaux inconvénients des méthodes ordinaires sont: l'impureté des produits employés, les traces d'eau que contient presque toujours l'alcool éthylique du commerce dit absolu, la contraction du protoplasma et le durcissement des tissus dans le xylol ou le toluène. Enfin, le prix de revient de ces produits est toujours très élevé.

J'ai cherché à supprimer ces inconvénients et à simplifier le travail de l'inclusion en réduisant le nombre des bains. Pour cela, j'ai employé l'alcool butylique normal, qui est livré dans le commerce pur et absolument anhydre. Cet alcool est un produit accessoire de la fabrication de l'acétone (procédé de Fernbach); actuellement, on en obtient chaque année plusieurs milliers de tonnes qui n'ont aucune application industrielle.

(1) M. LARBAUD, Nouvelle technique pour les inclusions et les préparations microscopiques des tissus végétaux et animaux (*Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, 23 mai 1921).

Ce produit a sur l'alcool éthylique l'avantage de dissoudre la paraffine, ce qui supprime complètement le xylol ou le toluène.

L'alcool butylique normal dissolvant très peu d'eau ($1/12^e$ de son volume), on ne peut pas préparer directement, par addition d'eau, la série des alcools à 30^o , à 60^o et à 80^o . Mais le mélange, en parties égales, d'alcool éthylique à 95^o et d'alcool butylique normal pur est un très bon dissolvant de l'eau. J'emploie donc ce mélange pour les quatre premiers bains.

Les calculs montrent qu'à 100 centimètres cubes de ce mélange il faut ajouter :

122 ^{cc} ,5	d'eau pour obtenir de l'alcool à	30°.
62 ^{cc} ,5	—	à 60°.
21 ^{cc} ,87	—	à 80°.
2 ^{cc} ,63	—	à 95°.

C'est ici que s'introduit la simplification de ma méthode. Au lieu de passer les matériaux à inclure dans deux bains d'alcool éthylique absolu, puis dans les trois bains suivants :

1°	Alcool absolu :	2/3 ;	xylol ou toluène :	1/3 ;
2°	—	1/3 ;	—	2/3 ;
3°	Xylol ou toluène,			

je remplace ces cinq bains par un seul bain d'alcool butylique normal ; puis je continue la méthode ordinaire d'inclusion en remplaçant le xylol par l'alcool butylique dans les bains intermédiaires additionnés d'une quantité de paraffine de plus en plus grande.

Dans tous les cas où j'ai employé cette méthode d'inclusion en passant par l'alcool butylique normal, j'ai observé la parfaite conservation du protoplasma sans aucune rétraction. Les colorations en masse, faites avant l'inclusion, n'ont subi aucune altération, ce qui n'est pas le cas pour la méthode ordinaire. Au moment de l'inclusion, les pièces ne sont ni dures ni cassantes comme après leur traitement par le xylol ou le toluène.

Toutes mes coupes ont été faites avec le microtome à glissière de Jung. Celam'a demandé beaucoup plus de temps, puisque j'ai dû faire les coupes une à une et les porter l'une

après l'autre sur les lames, au lieu d'opérer beaucoup plus rapidement en faisant des coupes en *tænia*s avec le microtome de Minot plus employé. Mais j'ai remarqué que le mécanisme de ce dernier est très défavorable à un travail un peu délicat ; c'est le bloc de paraffine qui se déplace et qui vient heurter chaque fois le rasoir ; cela produit très souvent un tassement de la coupe dans le sens du déplacement du bloc. Au contraire, avec le microtome à glissière, c'est le rasoir qui se déplace, et le bloc d'inclusion reste fixe ; en outre, il est bien plus facile avec cet instrument de surveiller les coupes, et on est sûr de n'en manquer aucune, tandis qu'avec le Minot, pour amorcer le *tænia*, on perd souvent des parties très intéressantes à étudier. Enfin, avec le microtome à glissière, les coupes ne sont jamais déformées.

Pour les petites fleurs comme les *Galium*, j'ai monté toutes les coupes ainsi obtenues.

Pour des fleurs de taille plus grande, comme les *Geranium*, j'ai pris une coupe sur cinq ou sur six ; enfin, pour les plus grosses fleurs, comme le *Lilium Martagon*, je n'ai gardé qu'une coupe sur dix. Toutefois, j'ai toujours pris davantage de coupes vers la base de la fleur, région où se trouvent rassemblées, sur une très petite hauteur, des parties très différentes et intéressantes à étudier : séparation des diverses pièces florales, nectaires, etc...

En général, j'ai monté trois séries de lames en même temps : sur la première, je portais parmi les coupes conservées celles de rang 1, 4, 7, 10, etc... ; sur la deuxième, les coupes 2, 5, 8, 11, etc..., et sur la troisième les coupes 3, 6, 9, 12, etc.

Chacune de ces séries a été colorée différemment. Voici les trois groupes de colorants que j'ai employés :

1^o Vésuvine (brun Bismarck) et Vert lumière ;

2^o Fuchsine de Ziehl et Vert lumière ;

3^o Hématoxyline de Heidenhain et Vert lumière ;

Grâce à ces trois différentes colorations, j'ai pu souvent faire des différenciations qui ne m'auraient pas été données par une seule coloration.

Les observations de ces coupes ont été faites avec deux microscopes munis des mêmes systèmes optiques : sur la platine

de l'un, je plaçais la préparation de l'échantillon de plaine et, sur celle de l'autre, la préparation de montagne. Je pouvais ainsi observer très facilement et apprécier avec exactitude les différences anatomiques causées par l'altitude.

Mes coupes ont été faites transversalement et longitudinalement, ce qui était indispensable pour bien juger la dimension des différentes pièces florales en longueur et en épaisseur.

Quelques-uns des dessins reproduits dans ce mémoire ont été faits à la chambre claire, mais le plus grand nombre ont été pris sur des photographies microscopiques ou quelquefois dessinées directement sur une projection photographique sans passer par l'intermédiaire de la reproduction photographique sur papier ou sur plaque.

Les figures placées dans le texte montrent les différences anatomiques observées. Celles qui portent la lettre P indiquent les échantillons de plaine et celles qui portent la lettre M les échantillons de montagne.

Pour avoir des renseignements précis sur la morphologie et sur les modifications causées par l'altitude, j'ai effectué, au cours de mes herborisations, en montagne et en plaine, des mensurations et des numérations pour les différents organes de la plante, et, en particulier pour les fleurs, j'ai voulu compléter ces notes par les mêmes mesures sur les échantillons de l'Herbier de la Flore de France du Muséum.

J'ai fait ce travail pour les quatre plantes de la famille des Renonculacées étudiées dans ce mémoire. Pour chacune d'elles, j'ai mesuré la hauteur de la tige principale, la longueur, la largeur moyenne et le nombre des feuilles, la longueur du pétiole, le nombre des fleurs, les dimensions des sépales, des pétales, du pédoncule. Voici les résultats que j'ai obtenus en classant les localités par ordre d'altitude croissante :

TABLEAU I.
Ranunculus bulbosus L.

	ALTI- TUDE.	TIGE prin- cipale	FEUILLES.				FLEURS.			
			Lon- gueur max.	Lar- geur max.	Nombre.	Pé- tiole long. max.	Nombre.	Pé- tales.	Sé- pales.	Pé- don- cules.
	Mètres	cm.	cm.	cm.		cm.		cm.	cm.	cm.
Saint - Raphaël										
près Fréjus ...	10	50	5	7	10	20	15	1,5	0,5	12
Beaulieu près Nice	20	40	5	5	10	20	20	1,5	0,6	13
Montpellier	30	40	6	7	7	12	8	1,6	0,7	10
Niort	30	25	4	5	10	10	10	1,5	0,5	8
La Chapelle - sur- Erdre	30	30	2	3	5	8	1	0,9	0,5	6
Laprade	40	30	3	3	8	20	5	1,2	0,5	9
Valogne	40	40	7	4	9	15	4	1,5	0,5	10
Angers	40	40	3	3	3	10	3	1,2	0,6	8
Solliès-Pont	80	45	4	4	10	8	13	1,2	0,7	7
Saint - Mathieu- de-Trévières ...	80	18	3	3	7	6	4	1,5	0,6	9
Hagueneau	130	22	3	3	7	10	7	1,5	0,6	8
Les Baux	200	40	6	7	16	18	8	1,4	0,5	6
Grenoble	210	30	3	3	14	15	12	1,2	0,7	10
Le Bousquet										
d'Orb	260	18	2	3,5	9	7	5	1,6	0,5	8
Riom	340	70	6	7	10	15	9	2	0,6	7
Royat	450	40	5	5	7	8	6	0,8	0,6	10
La Buène	500	20	1,5	1,5	2	8	1	1,1	0,5	6
Montagnes La- roque	500	6	1,5	2	8	10	1	1	0,6	6
Rodez	630	8	1,5	2	3	3	1	1,1	0,5	6
Mende	730	28	3	2,5	5	7	6	1,4	0,5	6
Charance-sur-Gap	1100	25	3	4	5	10	6	1,1	0,5	6
Lac d'Oo	1500	12	1,5	1,5	5	5	5	0,8	0,4	6

Pour le *Ranunculus bulbosus* (tableau I) et pour le *Caltha palustris* (tableau III), on remarque aux altitudes les plus élevées :

1^o Une diminution d'élongation de la tige, du pétiole et du pédoncule ;

2^o Une réduction dans les dimensions des feuilles, des sépales et des pétales ;

3^o Un moins grand nombre de feuilles et de fleurs.

Ce sont les observations que j'ai faites aussi dans mes herborisations. De plus, j'ai récolté ces deux espèces à des altitudes plus élevées que celles qui sont mentionnées dans ces deux tableaux, et j'ai constaté que ces réductions de dimen-

TABLEAU II.

Ranunculus acris L.

	ALTI- TUD.	TIGE prin- cipale	FEUILLES.				FLEURS.		
			Lon- gueur.	Lar- geur.	Nombre.	Pé- tiole.	Nombre.	Pétales	Sép- ales
	Mètres.	cm.	cm.	cm.		cm.		cm.	cm.
Bois du Vésinet (Seine-et-Oise) .	44	35	3-5	6	6	6	5	1,6	0,6
Mehun (Cher)	120	80	3-4	3,5	5	8	16	fruits	
Bourges (Cher) ...	150	40	2-3,5	3,6	7	7	5	1	0,5
Les Charpennes près Lyon (Jor- dan).....	180	40	2-3	3,5	4	5	7	fruits	
Nancy	200	65	2-4.	3,6	8	12	6	1,2	0,6
Pau.....	210	65	3,5	7	10	10	22	1,2	
Versant méridio- nal de la Mon- tagne Noire (Aude).....	300	100	3,5	6,8	7	25	25	1,3	0,5
Vic-le-Comte	470	85	2-4	4,7	5	11	9	1,6	0,5
Mende (H. Boivin)	730	55	2-4	5,9	16	20	11	1,5	0,5
Chapelle des Bois (près Besançon)									
(H. Grenier)... 1	080	75	2-3	3,5	4	10	13	1,5	0,4
Aragnonet(Hautes- Pyrénées)..... 1	270	30	2	5	4	6	9	0,5	0,3

sions et de nombre s'accroissent encore avec l'altitude, ainsi que je l'ai noté plus loin dans l'étude de chaque espèce. Toutefois, la réduction de grandeur des fleurs, quand elle se produit, est très faible.

Pour le *Ranunculus acris* (tableau II), les échantillons de montagne de l'Herbier ne diffèrent de ceux de plaine que par une réduction dans la longueur des feuilles et des sépales. Enfin le tableau IV, qui donne pour l'*Aconitum Lycoctonum* des différences d'altitude beaucoup plus grandes pour les trois autres espèces, ne montre pas ces transformations morphologiques causées par l'altitude.

Les conclusions qu'on peut déduire des tableaux II et IV seraient donc en contradiction avec celles qui ont été indiquées pour les tableaux I et III? Je vais montrer que la contradiction n'est qu'apparente et que l'altitude produit sur toutes espèces des modifications analogues (mais inégalement

TABLEAU III.
Caltha palustris L.

	ALTI- TUDE	TIGE prin- cipale	FEUILLES.				FLEURS.		
			Lon- gueur	Lar- geur.	Nombre.	Pétiole.	Nombre.	Pé- tales.	Pédon- cule.
	Mètres	cm.	cm.	cm.		cm.		cm.	cm.
Taillebourg (Cha- rente-Inférieure).	6	45	5	8	7	15-25	2	1,4	8
Marais-Saint-Gilles près Abbeville ..	8	35	6	10	9	7-10	7	3	5
Lieux marécageux de la forêt de Hagueneau (Ht- Rhin).....	130	25	4	7	7	12	6	2	5
Yvetot (au Tron- quet)	144	35	7	12	6	14-32	4	2,5	4-12
Marais de la Va- noise, près Herry.	170	40	4	8	5	5-20	5	3	7
Les fossés des Prés Anglès, à Laram- burgne (Tarn) ..	180	40	3	6	11	20	7	2,5	8-10
Pau.	210	45	4	7	4	5-25	3	2	5
La Bariole près Pamiers (Ariège), bord des eaux ..	300	45	7	10	6	5-25	6	2,5	7-15
Saint-Ange, au-des- sus de Claix (Isère).	420	25	4	7	4	2-10	4	1,8	6
Marais de Saône près Besançon ..	440	25	3	5	5	3-8	2	2,5	5
Château de Cara- man, commune du Soulié, près Saint-Pons (Hé- rault).....	880	25	4	6	3	6-18	2	2	8
Près des sources des hautes mon- tagnes, Croix-Mo- rand (Mt-Dore).	1 000	9	1,5	2	3	1-4	1	1,4	4-7
Gèdre	1 020	10	3	5	4	3-5	2	1,5	3

prononcées) à celles qui ont été indiquées pour le *Caltha palustris* et pour le *Ranunculus bulbosus*.

La première remarque à faire, c'est que l'*Herbier de la Flore de France* n'a pas été constitué en vue d'un travail comparatif comme celui que j'ai entrepris. Il est manifeste que les différents botanistes qui ont récolté les plantes conservées dans cet herbier n'ont pas fait le choix de leurs échantillons de la même manière. Certains d'entre eux ont pris les

TABLEAU IV.

Aconitum Lycoctonum L.

	ALTITUDE.	TIGE PRINCIPALE:	FEUILLES.				FLEURS.	
	Mètres	cm.	Longueur.	Nombre de lobes.	Nombre.	Longueur du pétiole maximum.	Nombre de grappes.	Hauteur totale.
		cm.	cm.			cm.	cm.	cm.
Bayonne	5	90	7	5	7	12	10	3
Bois de Croutelle (Vienne) ..	100	45	5	5	4	20	1	2
Nancy	200	35	4	5	3	15	1	2
Bords de la Machoulène-Brillac, commune de Confolens (Charente)	220	60	4	5-7	11	12	3	2
Entre Thémynes et Rueyres. le long du ruisseau Cantas de la Capelle-Mainal (Lot).	330	100	9	5	3	22	1	3
Entre les Fours, près Pontarlier.....	900	40	6	7	9	12	2	3
Route du Puy à Saugues....	900	35	4	5	6	11	1	2,5
Montagne de la Salette-Pallavaux, près Corps (Isère)	970	100	8	7	9	30	3	3
Dent d'Oche, près Évian (Haute-Savoie)	1 300	45	9	7	4	15	3	2,5
Bachofre, près de la Condamine (Basses-Alpes)	1 400	45	6	7	7	12	1	2,5
Mont-Formose, près du col de Tende (Alpes-Maritimes)	1 900	70	8	5	6	12	1	3
Le Lautaret (Hautes-Alpes).	2 100	60	8	7	5	25	4	3

pieds les plus développés et les plus florifères qu'ils ont rencontrés, surtout lorsqu'il s'agissait d'espèces n'ayant pas une grande taille. D'autres ont songé, en faisant leurs récoltes, aux dimensions de l'herbier. Enfin d'autres ont recherché, dans la station qu'ils étudiaient, le type représentant sensiblement le développement moyen de l'espèce considérée. Si tous les botanistes collectionneurs avaient eu cette préoccupation, et s'ils avaient mentionné sur l'étiquette après les indications nécessaires pour la station : « échantillon moyen », il aurait été facile d'observer dans ce grand herbier les diffé-

rences de développement d'une espèce végétale dans les divers climats.

Les échantillons qui m'ont été envoyés et que j'ai récoltés étaient toujours de dimensions moyennes, et c'est sur ces types moyens que j'ai effectué les mesures dont je donne les résultats pour chacune des espèces étudiées.

Pour le *Ranunculus acris*, les deux échantillons de montagne de l'herbier du Muséum sont de très grands échantillons, tandis que ceux de plaine sont des échantillons moyens.

Pour l'*Aconitum Lycoctonum*, je dois faire une autre remarque, c'est que cette plante est plutôt une espèce montagnarde ; elle se rencontre bien plus fréquemment vers 2 000 mètres d'altitude qu'en plaine. Il semble qu'elle s'est acclimatée peu à peu aux basses altitudes. Toutefois, dans les échantillons moyens que j'ai récoltés, j'ai trouvé une petite différence de grandeur de cette espèce au profit de la plaine, ainsi que je l'indiquerai plus loin.

En somme, pour le *Ranunculus acris*, les deux échantillons de montagne de l'herbier ne sont pas des échantillons moyens et le cas de l'*Aconitum Lycoctonum* est un cas spécial. Dans le cas général, les modifications causées par l'altitude sont celles qui ressortent nettement de l'observation des tableaux du *Ranunculus bulbosus* et du *Caltha palustris*.

Je terminerai ces remarques sur les différentes questions de technique se rapportant à ce travail par un conseil sur la manière de rédiger les étiquettes des plantes d'herbier, afin qu'ils puissent rendre de plus grands services.

Chaque étiquette devrait porter :

- 1° Le lieu de la récolte et son altitude ;
- 2° La date ;
- 3° L'exposition ;
- 4° Quelques renseignements sur le sol (composition chimique, consistance, état hygrométrique) ;
- 5° La fréquence de l'espèce dans la station ;
- 6° Enfin si la plante est un échantillon moyen.

Voici, comme exemple, une étiquette rédigée par M. Chasignol de la Boulaye et jointe à l'un de ses derniers envois de plantes :

Ranunculus acris L.

La Boulaye (Saône-et-Loire), vallée de l'Arroux, Pré des Bateaux, 266 mètres.

Récolte du 8 août 1922.

Sol de consistance moyenne, plat, exposition plein soleil.

Très commun.

Échantillon moyen.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE DES ESPÈCES

Ranunculus bulbosus L.

Cette espèce, très commune en plaine dans les champs, sur le bord des chemins, dans les lieux incultes et dans les clairières des bois, se rencontre aussi dans les régions montagneuses. Pendant mes herborisations dans les Pyrénées centrales et dans les Alpes françaises, je n'ai pas trouvé cette plante au-dessus de 2 300 mètres d'altitude. Elle n'existe pas à l'état spontané au Pic du Midi de Bigorre, et je ne l'ai pas trouvée dans l'herbier de cette région, herbier constitué par le général de Nansouty et conservé à l'Observatoire du Pic. Cependant, j'ai rencontré cette Renoncule à Pène-Blanco (Hautes-Pyrénées), 2 000 mètres, près du sentier muletier qui va de Gripp au Pic du Midi. A cette altitude, l'échantillon moyen a de 10 à 15 centimètres de hauteur et ne porte généralement que deux fleurs. Dans les endroits particulièrement arides, on trouve des pieds uniflores et n'ayant que 5 centimètres de hauteur.

J'ai aussi rapporté quelques échantillons moyens du mont d'Arbois (région de Chamonix), 1 500 mètres, récoltés sur les prairies humides et argileuses des pentes nord-est. Ces plantes mesurent de 15 à 20 centimètres de hauteur et portent trois ou quatre fleurs.

Précédemment (p. 209), j'ai donné le résultat des mensurations et des numérations que j'ai faites sur les échantillons de cette Renoncule conservés dans l'Herbier de la Flore de France du Muséum. Ces échantillons proviennent de localités d'altitudes comprises entre le niveau de la mer de 1 500 mètres.

De ces observations et de celles que j'ai pu faire sur les plantes de plaine que j'ai récoltées dans différentes régions, il ressort qu'en moyenne les pieds ont de 30 à 40 centimètres

de hauteur et portent 10 à 12 fleurs. Les plus beaux pieds peuvent atteindre 80 centimètres et avoir 25 fleurs.

Ces indications confirment l'influence déjà signalée de l'altitude sur la taille des plantes, et elles montrent que le nombre des fleurs d'un pied de cette espèce décroît à mesure que l'altitude augmente. Nous verrons qu'une semblable diminution n'existe pas pour les dimensions en longueur, et en épaisseur surtout, des différentes pièces florales.

En plaine, la floraison commence en avril (et non en mai, comme plusieurs auteurs l'indiquent); elle dure normalement jusqu'à la fin du mois d'août, mais on peut encore rencontrer quelques fleurs en septembre et même au début d'octobre.

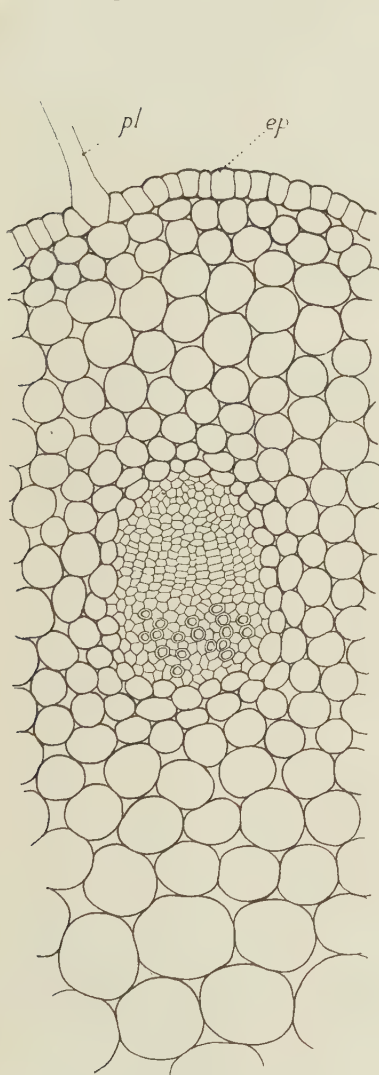
Vers 2 000 mètres, à Pène-Blanco, la floraison, au lieu de durer six mois, ne se produit guère que du 15 juillet à la fin de septembre.

Pour étudier l'influence de l'altitude sur l'anatomie florale du *Ranunculus bulbosus* L., j'ai choisi un échantillon moyen de Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire), 250 mètres d'altitude, et un échantillon moyen de montagne de Pène-Blanco (Hautes-Pyrénées), 2 000 mètres. Dans chacune de ces deux plantes, j'ai pris un bouton de 5 millimètres de diamètre, un peu avant son épanouissement.

Pédoncule. — Les deux pédoncules ont sensiblement le même diamètre. Celui de plaine, P, est recouvert extérieurement par une cuticule épidermique moins épaisse; les cellules de cet épiderme, *ep*, sont iso-diamétriques, tandis que, dans le pédoncule de montagne, elles sont allongées dans le sens radial (fig. 1 et 2). Dans ce dernier, M, les poils, *pl*, sont plus nombreux, et le cylindre cortical est formé d'un plus grand nombre d'assises. Dans les deux cas, on trouve cinq gros faisceaux libéro-ligneux alternant régulièrement avec cinq faisceaux plus petits. En montagne, les vaisseaux du bois sont plus nombreux, et ils ont des parois plus épaisses. Enfin, la moelle, qui est formée de cellules à parois minces laissant entre elles de nombreux méats dans l'échantillon de plaine, est constituée par des cellules à parois plus épaisses,

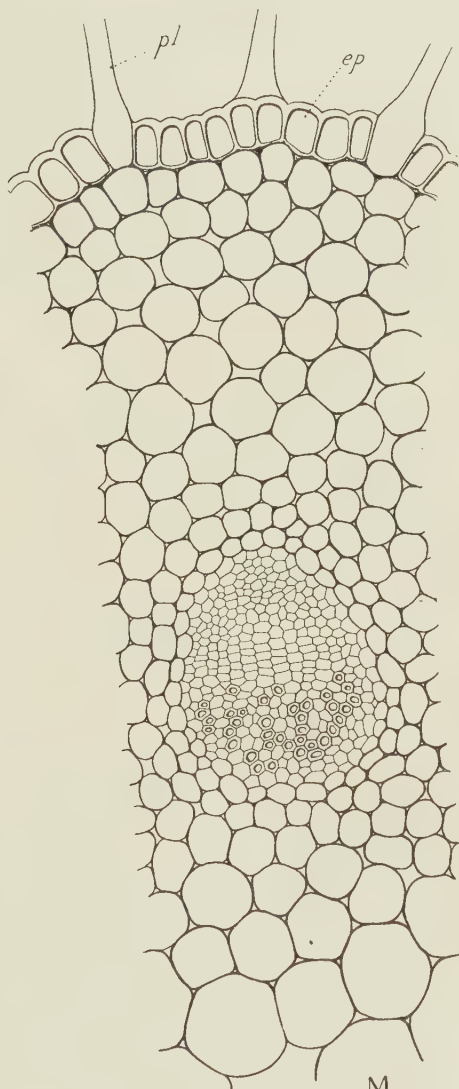
formant un tissu plus dense, moins lacuneux, dans le pédoncule de la fleur montagnarde.

Ces premières observations montrent déjà l'influence du



P
Fig. 1.

Pédoncule de *Ranunculus bulbosus* L.



M
Fig. 2.

climat alpin avec ses deux caractéristiques : froid, ou plutôt température subissant en une période de vingt-quatre heures de très grands écarts, et état hygrométrique peu

élevé. Pour lutter contre les brusques changements et les abaissements considérables de la température pendant la nuit et surtout le matin, le pédoncule est protégé par une cuticule plus accentuée, une plus forte villosité, une assise épidermique d'épaisseur plus grande et à parois plus fortes, et les vaisseaux conducteurs de la sève sont plus épais; ils sont situés plus près du centre, donc plus protégés.

L'air étant plus sec en montagne, les tissus présentent moins de lacunes intercellulaires.

Calice. — Dans le bouton de plaine, les sépales sont allongés, étroits, minces et d'un vert assez clair.

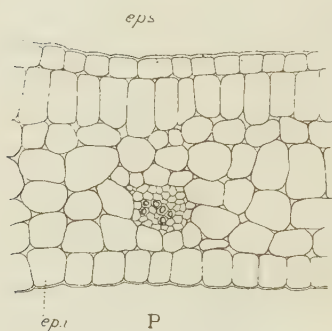


Fig. 3.

Ranunculus bulbosus. — Calice.

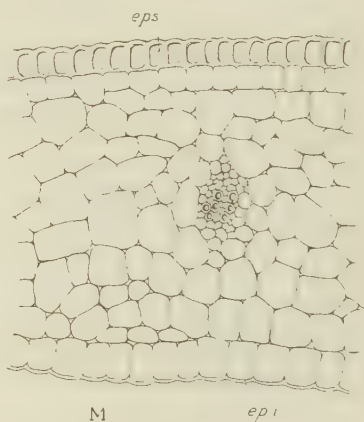


Fig. 4.

Dans l'échantillon de montagne, ils sont plus larges, un peu plus épais, un peu moins longs et d'un vert plus sombre et plus glauque. Une coupe transversale faite dans ces sépales vers la moitié de la hauteur montre les différences suivantes comme dans le pédoncule : pour l'épiderme externe, *eps*, une cuticule plus forte (fig. 3 et 4), des cellules à parois plus épaisses et allongées dans le sens radial, différences bien moins accentuées pour l'épiderme interne, *epi*.

Entre ces deux assises épidermiques, on trouve cinq assises cellulaires dans le sépale de plaine, P, tandis qu'il y en a 7 ou 8 dans celui de montagne, M. Cette augmentation du nombre d'assises cellulaires correspond à l'augmentation d'épaisseur observée à l'œil nu et déjà signalée.

Corolle. — Les pétales aussi sont plus épais en montagne; il y a, en général, une assise cellulaire de plus. Il faut, en outre, noter la coloration plus intense des fleurs de 2 000 mètres d'altitude.

Gaston Bonnier a signalé le même fait chez le *Ranunculus nemorosus* D. C., en comparant des fleurs des environs de Paris à des fleurs cueillies sur la chaîne de l'Arbizon (Hautes-Pyrénées), à 1 900 mètres d'altitude.

Les boutons étudiés étant assez jeunes, les papilles épidermiques sont encore très peu développées; chaque cellule de l'épiderme interne des pétales présente de très légers renflements peu différents dans les deux altitudes observées.

Étamines. — Le nombre des étamines a été trouvé de 68 dans l'échantillon de plaine et seulement de 45 dans celui de montagne. Les sacs polliniques offrent la même structure, mais les filets qui supportent les sacs sont plus courts dans la fleur de montagne. Les grains de pollen ont le même diamètre dans les deux cas.

Un fait anatomique intéressant à noter est la résorption de la cloison qui sépare les deux sacs polliniques de la même anthère.

Cette cloison commence à se détacher de l'assise mécanique. puis, peu à peu, elle disparaît, et dans des boutons, même encore jeunes, on n'en voit plus que quelques traces du côté du connectif. Les cavités des deux sacs polliniques sont ainsi réunies en une poche unique. La paroi de cette poche est toujours plus mince à l'endroit où était fixée la cloison séparant les deux sacs, et c'est en cette région que l'assise mécanique se brise, phénomène qui produit la déhiscence de l'anthère.

Ce phénomène n'est pas spécial à l'espèce que nous étudions ici; nous l'avons rencontré dans la plupart des espèces qui font l'objet de ce travail.

Carpelles. — Le nombre des carpelles est sensiblement le même aux diverses altitudes considérées, mais les ovules sont bien plus gros en montagne, et les feuilles carpellaires sont au moins deux fois plus épaisses.

En résumé, chez le *Ranunculus bulbosus* L., les échantillons des hautes altitudes comparés à ceux de plaine présentent les caractères différentiels suivants : taille plus petite et nombre de fleurs réduit ; coloration plus intense des fleurs ; ces caractères ont déjà été signalés. Ajoutons-y : dans le pédoncule, cuticule plus épaisse, cellules épidermiques allongées radialement, poils plus nombreux, écorce plus épaisse et moins lacuneuse, moelle formée de cellules à parois plus accentuées et également moins lacuneuse. Dans le calice, sépales un peu plus larges, mais un peu moins longs, plus épais ; cuticule de l'épiderme externe plus développée. Dans la corolle, différences analogues. Dans les étamines, nombre moindre, filets plus courts. Pour les carpelles, parois bien plus épaisses et ovules bien plus gros.

***Ranunculus acris* L.**

Cette espèce, comme la précédente, se trouve répandue à peu près dans toute la France ; elle a le même habitat ; cependant elle semble rechercher moins de lumière, et on la trouve souvent dans les lieux ombragés. Elle a généralement une taille plus grande que le *R. bulbosus*. J'ai fait la moyenne de tous les échantillons de *R. acris* contenus dans l'Herbier de la Flore de France au Muséum, et j'ai trouvé pour la hauteur totale de la plante 67 centimètres, tandis que la même calcul fait sur le *R. bulbosus* du même herbier ne donne que 30 centimètres.

La limite supérieure de la végétation de *R. acris* dans les Alpes et les Pyrénées françaises est aussi de 2 300 mètres d'altitude. En plaine, la floraison dure d'avril à septembre ; à mesure que l'altitude devient plus grande, ce temps est plus restreint. D'ailleurs, au mois d'avril, lorsque les premières fleurs s'épanouissent en plaine, la végétation ne peut pas commencer vers 2 000 mètres d'altitude, où la neige n'a pas encore disparu.

Cette plante est couverte de poils à toute altitude, mais en montagne les poils sont toujours plus nombreux, plus serrés. Ils constituent un très bon appareil de protection

contre les brusques et très grands changements de température qui se produisent aux altitudes élevées.

Gaston Bonnier a cultivé des plantes de cette espèce ; les unes au jardin de l'École normale supérieure et à Louye (Eure) et les autres à Pierre-Pointue (2 000 mètres). Les échantillons de deux altitudes différentes provenaient d'un pied unique divisé en deux ; ils étaient donc aussi comparables que possible. L'auteur a observé, au bout de huit années, que la corolle de l'échantillon alpin était d'un jaune plus foncé et plus brillant que celle de la plante de plaine.

Le nombre des fleurs varie dans les échantillons moyens de plaine entre 6 et 36. En montagne, ce nombre est toujours plus petit et, à 2 100 mètres, les plantes que j'ai récoltées ne portaient généralement que deux ou trois fleurs.

J'ai étudié l'anatomie florale de boutons de cette Renoncule cueillis aux trois stations suivantes :

1^o A Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire), 300 mètres ;

2^o Aux Contamines (Haute-Savoie), 1 200 mètres ;

3^o Près du jardin alpin du Lautaret (Hautes-Alpes), à 2 100 mètres d'altitude.

Pédoncule. — La structure du pédoncule à ces trois altitudes est typique, comme le prouvent les figures 5, 6, 7. La figure 5 (Saint-Romain) montre quelques poils étalés, un épiderme, *ep*, à cellules isodiamétriques ; une écorce formée de cinq à six assises de cellules arrondies laissant entre elles de grands méats, puis la zone des faisceaux libéro-ligneux et au centre une moelle constituée par des cellules à parois minces et de formes arrondies.

La figure 6 se rapporte au pédoncule des Contamines ; les poils, *pl*, sont déjà plus nombreux ; on distingue nettement qu'ils ont tous été sectionnés ; cela tient à ce qu'ils ne sont pas, comme dans le cas précédent, étalés perpendiculairement au pédoncule, mais obliques : leur pointe est inclinée vers le haut. L'assise épidermique, *ep*, qui donne ces poils, est formée de cellules allongées dans le sens radial une fois et demie plus que dans l'échantillon de Saint-Romain, au-dessous de cet épiderme, on trouve une assise qui a des parois plus épaisses.

Les parois des vaisseaux du bois sont plus fortes, et la lumière du vaisseau est un peu plus petite. Enfin, au-dessus du faisceau, on observe une calotte de fibres, *f*.

La figure 7 est celle du pédoncule du Lautaret. Les poils, *pl*, sont encore plus nombreux et presque verticaux ; on voit la section de ces poils provenant des assises épidermiques inférieures à celles de la coupe. L'épiderme est formé de cel-

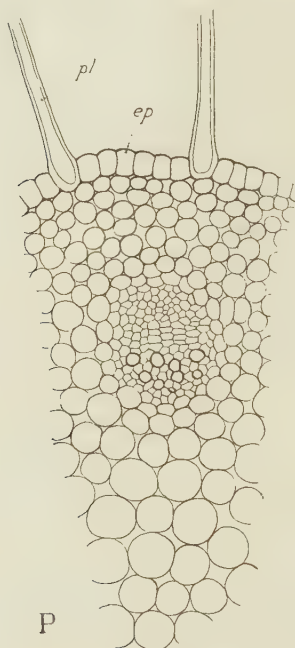


Fig. 5. — Altitude : 300 mètres.

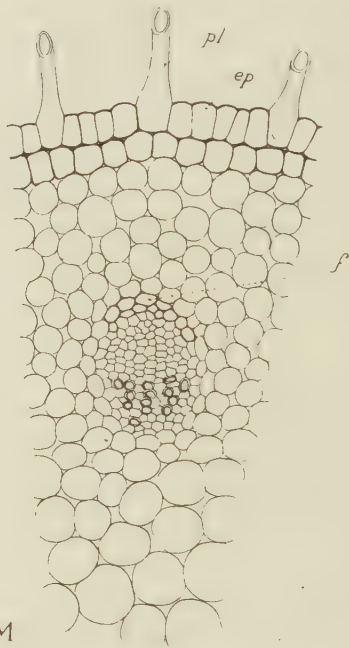


Fig. 6. — Altitude : 1 200 mètres.

Ranunculus acris. — Pédoncule.

lules plus petites, mais ayant le caractère allongé de l'échantillon des Contamines ; les assises corticales ont des éléments plus petits. Les parois des vaisseaux ligneux sont encore plus épaisses qu'aux Contamines ; au-dessus de chaque faisceau, on observe quelques fibres, *f* ; celles-ci sont moins développées que dans l'échantillon intermédiaire.

Calice. — Sa préfloraison est quinconciale. Les sépales mesurent, selon les fleurs étudiées, de 3 à 6 millimètres de long : l'épaisseur totale est toujours plus grande dans les échantillons de montagne. Dans ces mêmes plantes, on observe, comme pour le pédoncule, une plus grande villosité.

sité, un allongement cellulaire dans le sens radial pour l'assise épidermique externe et la première assise suivante. Les cellules de cet épiderme, qui n'ont pas donné naissance à un poil, ont toujours une cuticule plus forte. L'épiderme interne ne présente pas de si grandes différences.

Corolle. — Sa préfloraison est imbriquée simple et non quinconciale, comme le disent plusieurs auteurs. La longueur des pétales est de 10 à 16 millimètres.

L'optimum pour la coloration coïncide avec la limite supérieure de la végétation de cette Renonculé, c'est-à-dire que sa couleur jaune devient d'autant plus intense que l'altitude croît davantage.

Comparons des coupes transversales faites vers le milieu de la longueur des pétales de Saint-Romain, des Contamines et du Lautaret.

Pour l'échantillon du Lautaret, on voit que l'épaisseur est plus grande, le tissu est plus dense. Du côté de l'extérieur du bouton, l'épiderme est plus épais et, du côté de l'intérieur, les cellules épidermiques sont plus étroites ; elles forment des petits mamelons plus rapprochés et plus saillants : il y a davantage de stomates que dans la fleur de plaine.

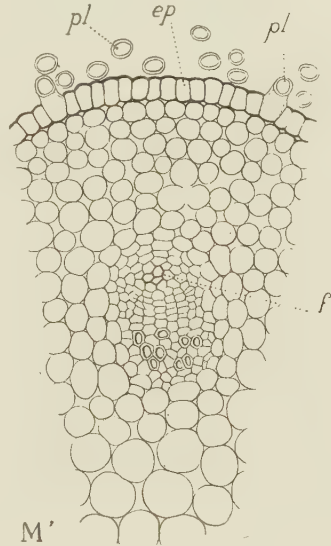


Fig. 7. — *Ranunculus acris*. — Pédoncule. — Altitude : 2 000 mètres.

Si, au lieu d'observer des coupes faites dans des boutons encore fermés, on étudie celles de fleurs épanouies, on voit que ces petits mamelons sont devenus des papilles et que celles-ci sont plus rapprochées les unes des autres et plus allongées dans l'échantillon de montagne. C'est ce qui donne à la fleur un aspect plus velouté.

L'échantillon des Contamines a des caractères anatomiques intermédiaires.

Étamines. — La fleur de plaine présente des sacs polliniques plus grands et contenant quatre à huit fois plus de

grains de pollen suivant les loges considérées. Le diamètre de ces grains est un peu plus grand en plaine.

Carpelles. — On remarque aussi que les ovules et les carpelles sont plus gros et plus nombreux dans la fleur de Saint-Romain que dans celles des Contamines et du Lautaret.

En résumé, pour cette espèce, l'altitude favorise le développement de l'appareil protecteur dans le pédoncule : les sépales et les pétales.

Elle agit en sens inverse sur l'appareil reproducteur, qui est moins développé en altitude qu'en plaine.

J'ai indiqué (p. 210) quelques caractères morphologiques de cette espèce et donné le tableau des mensurations et des numérations faites sur les échantillons de la Flore de France du Muséum.

***Caltha palustris* L.**

Cette plante croît au bord des ruisseaux ou dans des terrains très humides. Sa limite d'altitude est 2 400 mètres. La moyenne de la hauteur de 17 échantillons de l'Herbier de la Flore de France (Muséum) est de 30 centimètres. Les plantes les plus grandes proviennent des altitudes les plus basses ; elles mesurent 49 centimètres de hauteur. Les pieds de montagne n'ont que 8 à 10 centimètres. Gaston Bonnier (1) dit que cette plante peut atteindre 60 centimètres. Dans ses cultures expérimentales, il est arrivé, en partant d'un même pied, à avoir des plantes deux fois plus grandes, dans un des bassins du jardin de l'École normale supérieure que dans l'eau courante à Pierre-Pointue (2 030 mètres).

En plaine, le nombre des fleurs varie de 3 à 10 sur un même pied ; vers 2 000 mètres, ce nombre n'est plus que de trois ou deux ou même une seule fleur. L'altitude produit aussi une diminution dans la longueur du pédoncule, qui passe de 12^{cm},6 à 6^{cm},2.

Dans l'Herbier de la Flore de France, je trouve un échantillon provenant des marais du Mont-Dore, qui n'a que

(1) G. BONNIER, *Flore complète de France, Suisse et Belgique*, t. I, p. 30.

9 centimètres de hauteur ; il ne porte que 1 fleur et 3 feuilles.

En plaine, la floraison se produit ordinairement d'avril à juillet, et en montagne de fin juillet à septembre.

Cette plante ne porte jamais de poils ; sa tige et ses feuilles sont luisantes.

Les échantillons qui ont été inclus dans la paraffine et coupés en série viennent :

1^o De La Boulaye (Saône-et-Loire), 300 mètres ;

2^o Du Lautaret (Hautes-Alpes), 2 100 mètres ;

3^o Du Pic du Midi (entre Pène-Blanco et le col de Sencours), 2 300 mètres.

Pédoncule. —

Extérieurement, les pédoncules de plaine et ceux de montagne pré-

sentent la même apparence, sauf que les contours externes sont plus ondulés, plus cannelés, en montagne, mais l'étude anatomique montre de grandes différences. J'ai étudié des coupes pratiquées à un centimètre environ au-dessous de la fleur (fig. 8 et 9).

La cuticule épidermique est bien plus épaisse dans les échantillons, M, du Lautaret et des Pyrénées. Les cellules de ces épidermes, *ep*, ont des parois très développées sur toute leur surface ; elles sont allongées radialement ; l'assise sous-épidermique, *s.ep*, est aussi constituée par des cellules à parois épaisses dans les pédoncules de ces fleurs de montagne ; il n'y a à peu près pas de méats entre ces deux assises cellulaires, qui forment un bon revêtement de protection pour les tissus

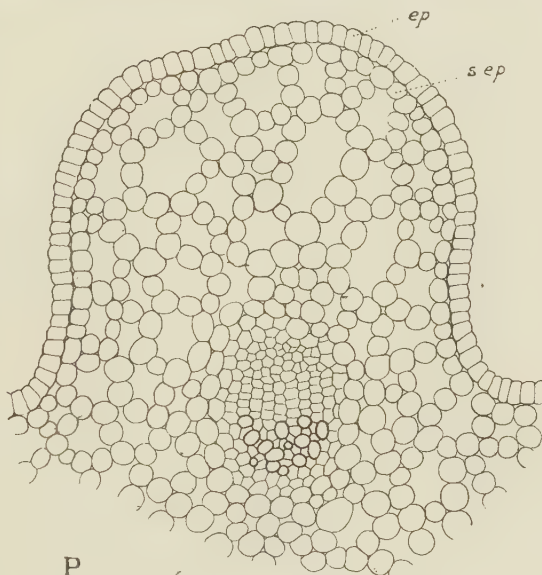


Fig. 8. — *Caltha palustris*. — Pédoncule de plaine.

sous-jacents. Dans le pédoncule de plaine, ces deux assises ont des parois minces ; elles laissent entre elles quelques méats, et la cuticule épidermique est très faible ; on observe plus de stomates dans le pédoncule de montagne.

Au-dessous de ces assises épidermique et sous-épidermique, on trouve dans le parenchyme qui constitue les côtes

de ce pédoncule un tissu formé de mailles lacuneuses plus larges en montagne.

Les faisceaux libéro-ligneux sont à peu près en même nombre à toutes les altitudes, mais, dans les échantillons de montagne, ils sont placés plus près du centre des pédoncules ; ils ont des parois plus fortes et une ouverture plus petite. Ils sont entourés d'un parenchyme plus dense.

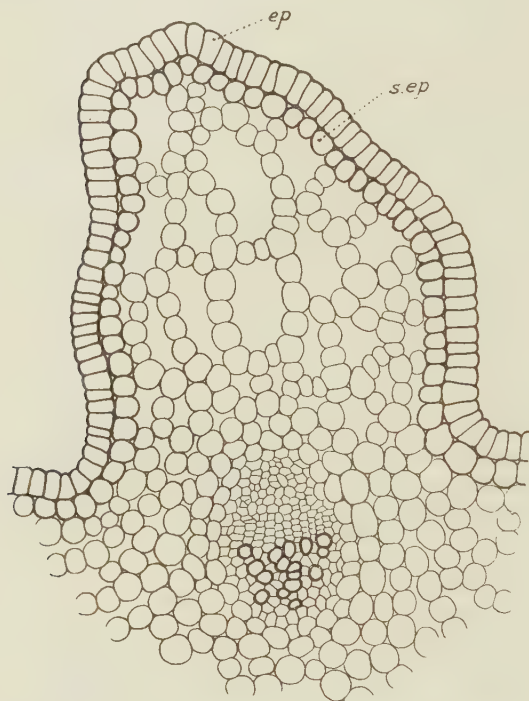


Fig. 9. — *Caltha palustris*. — Pédoncule de montagne.

Le trajet de ces faisceaux, étudié dans une coupe en long, montre que leur course est plus enchevêtrée dans ces derniers pédoncules.

Enfin la moelle est bien plus lacuneuse en plaine.

Calice et corolle. — Ces enveloppes florales sont constituées par 5 pièces (rarement 6 ou 7), qui présentent une préfloraison quinconciale analogue à celle du calice des Renoncles (type 2/5). Dans le bouton, les pièces florales sont d'abord vertes et chlorophylliennes ; à mesure que celui-ci se développe, la chlorophylle diminue peu à peu pour disparaître complètement, en général, lorsque la fleur s'épanouit.

Cependant on trouve parfois des fleurs ouvertes qui sont encore un peu vertes sur la partie qui était à l'extérieur dans le bouton.

L'étude anatomique de ces pièces pétaloïdes montre (fig. 10 et 11), dans la fleur du Lautaret (2 100 m.), une plus grande épaisseur totale, une cuticule épidermique plus forte, une assise sous-épidermique qui ne laisse pas de lacunes

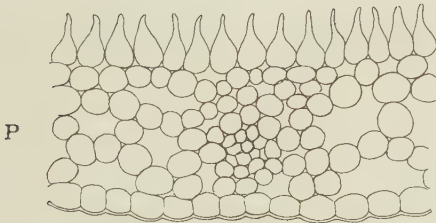
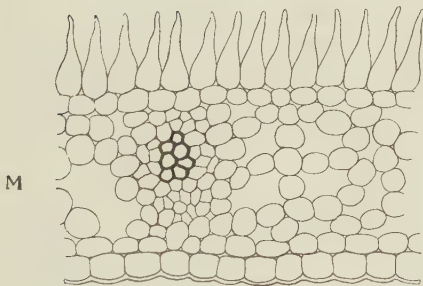
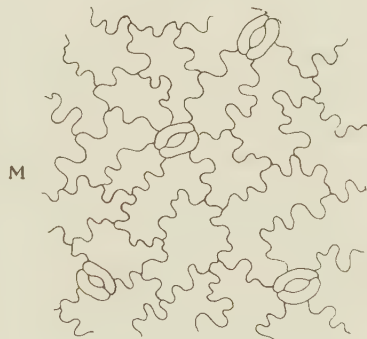


Fig. 10.



Fig. 12.

Fig. 11. — *Caltha palustris*. — Corolle.Fig. 13. — *Caltha palustris*. — Corolle, épiderme.

entre elle et cet épiderme, un parenchyme moins lacuneux et des vaisseaux du bois à parois plus épaisses. Enfin, dans la fleur épanouie, des papilles plus longues, plus hautes, donnent à la fleur un aspect plus velouté. Le *Caltha* des Pyrénées (2 300 m.) ne présente pas des papilles aussi longues ; les pièces florales sont moins épaisses.

Un écorchage de l'épiderme externe des pétales donne pour les fleurs de montagne un contour plus sinueux et un plus grand nombre de stomates (fig. 12 et 13).

Étamines. — Elles sont très nombreuses, de 100 à 140

dans les coupes que j'ai observées. Les anthères sont portées par un filet plus court dans la fleur de montagne. Les sacs polliniques ont la même dimension dans les différentes altitudes considérées ; la fleur des Pyrénées (2 300 m.) a beaucoup moins de pollen que celle du Lautaret (2 100 m.) et que celle de plaine.

Dans tous les cas, on observe la disparition de la membrane séparant les deux sacs polliniques bien avant l'ouverture de la fleur.

Le pollen est de couleur citrine ; il est ellipsoïde ; l'exine est ponctuée ; ces ponctuations sont plus apparentes dans la fleur du Lautaret. Les grains ont de 30 à 32 μ , dans leur plus grande dimension.

Carpelles. — Ils sont au nombre de 6 à 10 ; ils sont bien plus gros dans les échantillons de montagne, mais les ovules sont plus développés dans la fleur du Lautaret (2 100 m.) que dans celle des Pyrénées (2 300 m.).

En résumé, les principaux effets de l'altitude sur cette fleur sont : appareil de protection plus développé, tissu moins lacuneux, papilles plus longues et plus serrées, carpelles plus développés. La fleur du Lautaret (2 100 m.) semble donner le développement optimum des caractères alpins. Au-dessus de cette altitude (2 300 m.), les pièces florales sont moins épaisses, le pollen moins abondant et les ovules plus petits. Le tableau III (p. 211) donne les caractères morphologiques de cette espèce dans les échantillons de l'Herbier de la Flore de France du Muséum.

***Aconitum Lycoctonum* L.**

La hauteur de cette Renonculacée est généralement assez grande ; souvent, en plaine, on trouve des échantillons qui ont plus de 1 mètre de haut. Au Lautaret, vers 2 000 mètres, et dans le massif de la Vanoise, j'ai trouvé des plantes ayant de 60 à 80 centimètres de hauteur. La taille moyenne des échantillons de l'Herbier de la Flore de France est de 62 centimètres ; beaucoup de ces échantillons viennent des mon-

tagnes, où cette plante se rencontre bien plus fréquemment qu'en plaine. Elle s'élève jusqu'à 2 300 mètres, et on la trouve fleurie en juin, juillet, août.

L'inflorescence est une grappe, et les fleurs sont portées par des pédoncules dont la longueur peut varier de 8 à 2 centimètres. On trouve souvent une longue grappe terminale, avec deux ou trois très petites grappes latérales.

Les échantillons étudiés proviennent :

- 1^o De La Boulaye (Saône-et-Loire), 300 mètres ;
- 2^o Du Lautaret, bois de la Madeleine, 1 800 mètres ;
- 3^o Du cirque de l'Arcelin (massif de la Vanoise), 1 800 mètres.

Pédoncule. — Les deux échantillons de montagne ont des poils plus nombreux, une cuticule un peu plus forte et, en général, un parenchyme moins lacuneux que la plante de plaine.

Calice et corolle. — Ces pièces florales ne présentent pas de grandes différences anatomiques ; cependant les tissus sont un peu plus lacuneux en plaine, et les cellules épidermiques sont iso-diamétriques, tandis que, dans les fleurs de montagne, ils sont allongés dans le sens perpendiculaire à la surface de ces épidermes.

Étamines. — Le filet des étamines est ailé, aplati vers la base de la fleur. Il faut noter la forme des cellules de l'assise mécanique de l'anthère ; elles sont très allongées, quatre ou cinq fois plus hautes que larges. Le pollen est plus abondant dans les plantes montagnardes, et les deux sacs polliniques d'un même côté de l'anthère communiquent entre eux avant l'ouverture de la fleur.

Carpelles. — Il y a, en général, trois ou quatre carpelles, à peu près sans poils dans les échantillons de plaine, mais ceux de montagne sont recouverts d'une grande quantité de petits poils très fins.

L'altitude n'a pas une influence bien marquée sur cette espèce ; je l'ai déjà fait observer pour la morphologie (p. 213). C'est une espèce bien adaptée à la vie de montagne.

Chelidonium majus L.

Cette plante, si commune en plaine dans les lieux incultes, sur les décombres et les vieux murs, au bord des chemins, est une plante de plaine ; on ne la trouve jamais spontanément en haute montagne.

Vers 1 200 mètres, je l'ai rencontrée quelquefois ; elle a alors une petite taille (15 à 30 centimètres) et ne porte que quelques fleurs. En plaine, elle peut atteindre 80 centimètres de hauteur, et elle porte un grand nombre de petites grappes à pédoncules inégaux de 3 à 6 fleurs. Souvent plusieurs de ces pédoncules partent du même point, et l'inflorescence se rapproche de l'ombelle. Le diamètre des fleurs est plus grand en plaine qu'aux Contamines, à 1 200 mètres d'altitude.

La floraison se produit dès le printemps, et on retrouve encore des pieds fleuris en octobre. Son nom rappelle d'ailleurs cette longue période de floraison qui dure pendant tout le séjour des hirondelles (*χελιδόν*, Hirondelle). Sur la même plante, en été, on trouve fréquemment de très jeunes boutons, des fleurs épanouies et des fruits mûrs.

Les fleurs que j'ai étudiées proviennent de Villebon-Palaiseau (Seine-et-Oise), de Laval (Mayenne), de Saint-Romain (Saône-et-Loire) et des Contamines (Haute-Savoie) (1 200 m.). Les trois échantillons de plaine présentent les mêmes caractères ; je ne décrirai ici que celui de Villebon.

Pédoncule. — L'assise épidermique est formée, dans l'échantillon des Contamines, de cellules très allongées dans le sens radial et protégées par une forte cuticule. Dans l'échantillon de Villebon, les cellules de cet épiderme sont iso-diamétriques et recouvertes d'une légère cuticule. Le parenchyme cortical est deux fois plus épais dans le pédoncule de montagne ; le nombre des assises cellulaires qui le composent est de 9 à 16, tandis qu'il n'est que de 5 à 6 dans l'échantillon de plaine.

Les faisceaux libéro-ligieux se trouvent placés très près du centre dans le pédoncule de montagne ; les vaisseaux du bois sont étroits ; la moelle est réduite et formée de petites cellules.

Au contraire, en plaine, la moelle est bien plus développée ; les cellules ont un plus grand diamètre ainsi que les vaisseaux du bois.

Calice. — Les deux pièces qui forment le calice sont d'abord vertes quand le bouton est jeune, puis elles deviennent jaunâtres et tombent presque aussitôt après l'épanouissement de la fleur. Déjà, dans le bouton fermé, on voit une fente qui se produit vers la base de chaque sépale. L'épaisseur des sépales est sensiblement la même dans l'échantillon de plaine et dans celui de la montagne, mais comme, dans ce dernier, les fleurs sont un peu plus petites, l'épaisseur relative est donc plus grande. De plus, les cellules ont des parois plus épaisses et forment un tissu plus dense.

Corolle. — La même observation peut être faite pour les quatre pétales, qui sont disposés comme deux paires de feuilles opposées dont l'entre-nœud est à peu près nul. Les deux pétales externes sont plus développés que les deux pétales internes. En plaine, les cellules laissent entre elles de vraies lacunes, tandis qu'en montagne on ne distingue que quelques méats. Les boutons étudiés étant assez jeunes, les cellules de l'épiderme interne ne sont pas encore assez différenciées en papilles pour qu'il soit possible de faire une comparaison d'après l'altitude ; on remarque seulement que les cellules de cet épiderme et celles de l'assise sous-épidermique sont plus allongées radialement dans l'échantillon de montagne.

Étamines. — Payer indique (1) que les étamines, dans cette espèce, naissent par verticilles de huit et alternent les unes avec les autres, les quatre étamines superposées par paires aux pétales alternes avec les sépales d'abord ; les quatre étamines superposées par paire aux pétales superposés aux sépales, ensuite. Un deuxième verticille alterne avec le premier apparaît et enfin un troisième quand il existe alterne avec le second.

Dans les cinq boutons floraux que j'ai coupés en série, j'ai trouvé 24 ou 25 étamines. Elles sont insérées sur trois rangs. Les trois verticilles sont donc développés et, dans certains

(1) PAYER, *Traité d'organogénie de la fleur*, p. 220.

cas, il y a même une étamine de plus. Les filets ont un diamètre un peu plus grand dans les fleurs de montagne. A la base de l'anthere, dans les jeunes boutons, on voit les quatre loges polliniques ; mais, un peu au-dessus, la cloison qui sépare les deux loges placées d'un même côté se résorbe complètement ; la partie basilaire ne laisse le plus souvent pas de trace. Une coupe transversale montre que l'éta-

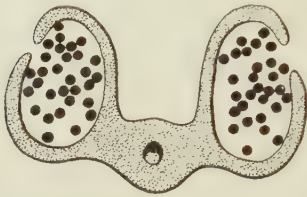


Fig. 14. — *Chelidonium majus*.

mine (fig. 14), vers le milieu de la hauteur, est formée de deux grands sacs polliniques reliés par un connectif allongé. Bien avant l'ouverture de la fleur, la déhiscence de l'anthere se produit à l'intérieur du bouton.

Le pollen est jaune-soufre ; les grains sont ovoïdes et mesurent 38 à 40 μ . de longueur. Il est plus abondant en plaine qu'en montagne.

Fruit. — Il y a autopolinisation à l'intérieur du bouton avant l'ouverture de la fleur. J'ai trouvé des ovules fécondés dans toutes les fleurs que j'ai coupées. Ces ovules sont plus gros dans les fleurs de montagne, mais moins nombreux.

Le fruit n'est pas une silique comme il a été souvent décrit. L'ovaire est formé par deux carpelles soudés par leurs bords qui se différencient en placentas et portent les ovules.

Cette capsule se prolonge par une sorte de colonne au centre de laquelle on voit une fente qui est la continuation de la cavité du fruit. Les deux stigmates sont extrêmement courts.

L'influence de l'altitude sur le développement de l'anatomie florale du *Chelidonium majus* est moins importante que sur les espèces étudiées précédemment. La Chélidoine est une plante qui croît presque exclusivement en plaine, où elle a son développement optimum. Au contraire, l'espèce précédemment étudiée : *Aconitum Lycoctonum* est une plante nettement montagnarde, qui descend très rarement dans les plaines ; c'est en montagne que les pièces florales atteignent leur développement optimum.

***Fumaria officinalis* L.**

On trouve cette espèce dans les champs, dans les décombres, au bord des chemins ; elle a généralement de 30 à 40 centimètres de hauteur en plaine, mais les pieds les plus développés peuvent atteindre 60 et 70 centimètres. Elle croît jusqu'à 1 700 mètres d'altitude ; les plantes ne mesurent plus alors que 10 à 25 centimètres de hauteur, et les grappes sont moins longues et portent moins de fleurs.

La floraison de cette espèce se produit, en plaine, pendant presque toute l'année ; en montagne, elle dure pendant toute la période de végétation.

Les échantillons dont j'ai étudié la structure proviennent : pour la plaine, des environs de Valenciennes (Nord), donc à peu près au niveau de la mer ; pour la montagne, de Pralognan (Savoie), 1 500 mètres d'altitude.

Pédoncule. — A toute altitude, un peu au-dessus de la fleur, on trouve le pédoncule ainsi constitué : un épiderme, trois assises de cellules à parois épaissies, deux ou trois assises de parenchyme formé de cellules plus grandes et à parois minces ; généralement quatre faisceaux libéro-ligneux et une moelle à grandes cellules. Dans des coupes plus rapprochées de la base de la fleur, les faisceaux se divisent pour former, au-dessous de celle-ci, une zone libéro-ligneuse presque continue, constituée par douze faisceaux qui ne sont séparés les uns des autres que par un tout petit rayon médullaire d'une seule file de cellules. Cet appareil circulatoire est disposé en carré.

La différence d'altitude ne produit pas de modifications anatomiques dans le cylindre central, mais elle se manifeste dans la structure de la région corticale. J'ai observé d'abord, dans l'échantillon de montagne, l'accentuation de la cuticule et l'allongement radial des cellules épidermiques, comme on l'a déjà vu dans les pédoncules étudiés précédemment. Mais, en outre, j'ai remarqué une diminution des stomates et des lacunes aérifères dans la plante de montagne ; dans ce cas, chaque coupe ne présente que deux ou trois stomates

sous lesquels se trouve une très petite lacune. Dans le pédoncule de plaine, on voit de dix à douze stomates par coupe, et les lacunes sous-stomatiques sont très développées. En plaine, comme en montagne, il n'y a presque plus de lacunes vers la base de la fleur.

Calice et corolle. — Les deux sépales sont un peu plus grands et plus épais dans l'échantillon de montagne. La corolle a sensiblement la même épaisseur, mais les grandes lacunes qui se trouvent vers la nervure médiane des pétales latéraux et dans les parties latérales des deux autres pétales sont bien plus développées dans la fleur de plaine. Toutes les parties de ces pétales ont des tissus plus lâches en plaine.

Étamines et pistil. — Pas de différence pour les étamines, ni pour le pollen, qui, dans les deux cas, a la forme d'un trièdre curviligne de 28 à 30 μ de hauteur. Les ovules sont un peu plus gros dans l'échantillon de montagne, et les parois de l'ovaire sont plus développées ainsi que les placentas. Ceux-ci sont pariétaux, comme dans la Chélidoine.

En résumé, le *Fumaria officinalis* ne se trouve pas dans la région haute-alpine; la différence d'altitude étudiée n'a pas une grande influence sur la structure de cette fleur. Le fait le plus caractéristique dans l'échantillon de 1 500 mètres d'altitude est la réduction des stomates et des lacunes aéri-fères. Les tissus de toutes les parties de la fleur sont plus denses, et ce fait coïncide avec l'atmosphère plus sèche dans laquelle croissent les plantes de montagne.

Brassica oleracea L.

Cette plante ne se trouve à l'état spontané que sur les côtes maritimes; mais on la rencontre fréquemment sur les sols calcaires, près des terrains de culture, où elle est à l'état subspontané. Aussi cette espèce ne figure-t-elle pas dans la flore alpine.

L'échantillon que j'ai récolté à la plus haute altitude vient des Contamines (Haute-Savoie), 1 200 mètres; comparé aux échantillons de plaine, il présente des différences anatomiques très nettes.

La taille de ce Chou varie de 20 centimètres à 1^m,50 ; les pieds étudiés à 1 200 mètres sont en général deux à trois fois plus petits que ceux de plaine ; ils portent beaucoup moins de fleurs, mais celles-ci sont d'un jaune plus intense.

La floraison se fait d'avril à juillet en plaine ; aux Contamines, je l'ai observée aux mois de juillet et d'août.

Les échantillons comparés à celui des Contamines proviennent des environs de Valenciennes (Nord) et du Muséum.

Pédoncule. — Aux Contamines, le pédoncule présente une plus forte cuticule et un parenchyme plus dense. Les échantillons de plaine offrent beaucoup de lacunes, surtout dans la région corticale.

Les coupes en séries, pratiquées au sommet du pédoncule, établissent comment les différentes pièces florales se différencient peu à peu (Pl. III).

Nectaires. — En suivant ces coupes et en les comparant aux deux altitudes, on remarque que chacun des quatre nectaires est beaucoup plus développé en montagne. En coupe transversale, chaque nectaire a une surface environ trois fois plus considérable, et, en coupe longitudinale, la hauteur est deux fois plus grande.

Calice. — Étudions la forme générale des sépales. Les deux sépales qui se détachent d'abord de la base de la fleur sont situés en face des deux étamines les plus courtes (Pl. III). Les deux autres sépales se séparent un peu plus haut du tissu nectarifère sous-jacent. Dans une coupe très près de la base de la fleur, où l'on observe la section des quatre pétales, des six filets d'étamines et des quatre nectaires, on remarque que les sépales laissent entre eux un espace égal à peu près à la moitié de leur longueur. Un peu plus haut, lorsqu'on atteint la base des deux étamines courtes, les sépales sont plus larges ; ils embrassent davantage la fleur. Quand on arrive à une coupe montrant les anthères des six étamines, les bords des sépales se touchent, de sorte qu'à cette hauteur le calice entoure complètement la fleur. Plus haut, il s'élargit encore, et on observe au-dessus de l'ovaire, dans la région très courte du style et dans celle du stigmate, que deux sépales sont recouverts et deux autres recouvrants. Le calice ne présente donc

pas la même préfloraison à la base et au sommet de la fleur.

En montagne, les sépales sont une fois et demie à deux fois plus épais ; à la base, ils sont plus embrassants, protégeant davantage les autres parties du bouton floral. Enfin, la cuticule de l'épiderme externe est bien plus épaisse.

Corolle. — Faisons une étude sommaire de la forme des pièces de la corolle (Pl. III).

Un peu au-dessus de la région où les sépales se détachent du réceptacle floral, on voit les pétales s'en séparer à leur tour ; dans une coupe transversale faite à cette hauteur, ils ont la forme d'un hexagone irrégulier ; ils sont massifs et ressemblent tout à fait aux filets des deux étamines courtes. Un peu plus haut, ces pétales s'aplatissent, s'étendent sous les deux étamines courtes ; plus haut encore, ils enourent complètement les étamines ; ils s'élargissent à mesure que l'on examine des coupes d'un niveau plus élevé dans le bouton floral, se recouvrant ; chaque pétale arrive à faire trois quarts de tour, de sorte que les étamines et les pistils, au sommet du bouton, sont protégés par une triple enveloppe formée par les pétales.

En comparant les coupes des boutons récoltés aux deux altitudes considérées, on remarque qu'en montagne la corolle est toujours plus épaisse ; il y a une ou deux assises cellulaires de plus dans l'épaisseur de chaque pétale. La cuticule est plus développée, et l'accentuation de cette cuticule est surtout marquée vers la base de la fleur dans la partie qui n'est pas recouverte par les sépales.

A peu près vers le milieu de la hauteur du bouton floral, on commence à observer les papilles ; celles-ci sont déjà assez développées bien avant l'ouverture de la fleur ; elles sont d'autant plus saillantes que l'on examine une coupe située plus près du sommet de la fleur. Ces papilles sont placées sur les deux faces de chaque pétale, mais elles ont une hauteur plus grande sur la face tournée vers le pistil. On observe que ces papilles sont bien plus serrées dans l'échantillon de montagne.

Étamines. — Les filets sont plus gros et plus courts dans le bouton de montagne. Presque toutes les anthères des

fleurs que j'ai étudiées sont ouvertes à l'intérieur du bouton, et il y a autopollinisation. Les grains de pollen sont assez gros, de 42 à 46 μ . Ils sont jaune pâle en plaine et jaune plus foncé en montagne.

Pistil. — Les feuilles carpellaires sont plus épaisses dans l'échantillon des Contamines; mais ce qui frappe le plus dans l'ensemble des coupes transversales et longitudinales, c'est le développement très différent des ovules. En plaine, ils sont petits et nombreux; en montagne, ils sont quatre à six fois plus gros, et leur nombre est bien plus petit.

Les papilles qui se trouvent sur les bords externes et au sommet du stigmate sont beaucoup plus longues dans le bouton floral de montagne.

En résumé, dans cette espèce, on remarque des modifications anatomiques très nettes, produites par une différence d'altitude peu considérable (1 000 à 1 200 mètres).

***Biscutella lævigata* L.**

Cette Crucifère, dont la taille peut varier de 5 à 60 centimètres, ne se rencontre que rarement en plaine. Elle a été signalée en France dans quelques contrées de basse altitude (Côte-d'Or, Eure, Charente, Dordogne, Vienne, Allier, Isère, Provence); mais c'est surtout une espèce montagnarde. Elle peut s'élever jusqu'à 2 600 mètres. La floraison a lieu du mois de juin au mois d'août; elle se fait plus tardivement en haute montagne qu'en plaine.

Les échantillons de montagne que j'ai étudiés viennent du Lautaret, 2 400 mètres d'altitude, un peu au-dessus du col, près du Jardin Alpin. Les plantes y sont bien développées avec des grappes formées de nombreuses fleurs.

J'ai comparé ces fleurs à celles de plantes rapportées de la montagne depuis trois ans et cultivées au Jardin Alpin du parc de la Tête-d'Or de Lyon. Dans mes coupes en série, j'ai pu observer très nettement les transformations anatomiques causées par ce changement d'altitude.

Pédoncule. — En montagne, le diamètre du pédoncule est

plus grand et la cuticule épidermique bien plus développée. L'assise sous-épidermique est formée de cellules à parois épaissies, tandis qu'en plaine les parois de ces cellules restent minces. A l'intérieur de ces deux assises cellulaires, se trouve une région lacuneuse, qui est à peu près semblable dans les deux échantillons considérés. Dans le pédoncule de montagne, les parois des vaisseaux ligneux sont plus fortes, et la moelle est formée de petites cellules très denses ; celles-ci sont bien plus grandes dans l'échantillon de plaine, et elles laissent entre elles des méats.

Nectaires. — Ils ont la même position que celle qui a été indiquée dans le bouton de *Brassica oleracea* ; mais, au lieu de la forme massive de ceux-ci, ils sont constitués par des bandelettes ; chacun des deux nectaires placés près du centre se divise en deux petits nectaires très étroits ; l'ensemble du tissu nectarifère est beaucoup moins développé que dans la fleur étudiée précédemment. C'est en montagne que ces nectaires sont le plus développés ; en plaine, on n'observe que de très petites masses allongées sur le réceptacle de la fleur. Gaston Bonnier signale (1) que les fleurs de *Biscutella* sont visitées par les Abeilles, surtout dans les montagnes, ce qui correspond bien au plus grand développement observé pour les nectaires.

Calice et corolle. — Ces deux enveloppes florales présentent la même insertion et la même préfloraison que celles que j'ai indiquées pour le *Brassica oleracea*. Et les modifications causées par l'altitude dans l'anatomie sont les mêmes quant à la nature, mais elles sont bien plus accentuées dans le cas présent. Et cela coïncide avec une différence d'altitude deux fois plus grande ici. Enfin le calice est plus persistant dans la fleur du Lautaret.

Étamines et pistil. — Toutes les fleurs du pare de la Tête-d'Or que j'ai étudiées présentent une atrophie de l'appareil reproducteur (Pl. II). J'ai coupé une vingtaine d'échantillons pour vérifier ce fait, et j'ai toujours trouvé des étamines de dimensions plus petites, contenant beaucoup moins de pollen. Celui-ci ne semble d'ailleurs pas destiné à mûrir ; il adhère

(1) *Flore complète de la France, Suisse et Belgique*, t. I, p. 95.

aux parois des sacs polliniques; le centre de la cavité de ces sacs est vide, ou bien, ce qui est plus fréquent, la paroi externe de l'anthère s'incurve vers le connectif, et la cavité prend la forme d'un croissant.

Les grains de pollen sont jaune citrin, et l'exine présente de fins alvéoles. Leur forme est ellipsoïdale. En montagne, ils ont de 40 à 45 μ dans leur plus grand diamètre. En plaine, ils sont un peu plus petits.

Les anthères sont ouvertes à l'intérieur du bouton dans l'échantillon de montagne; il y a autopolinisation, les deux ovules sont fécondés et le fruit commence à se développer avant l'épanouissement de la fleur.

La forme de ce fruit est caractéristique du genre *Biscutella* et lui a valu son nom, qui signifie double bouclier. Le terme de *lævigata* qui désigne l'espèce est impropre, car le fruit n'est pas lisse mais recouvert de poils en massues.

Dans les fleurs de plaine, le pistil est extrêmement réduit; il n'y a pas fécondation à l'intérieur du bouton, et les ovules y sont rudimentaires, ainsi que les feuilles carpellaires (Pl. II).

Le *Biscutella lævigata* est une espèce montagnarde qui peut vivre en plaine; mais son appareil reproducteur n'y trouve pas un milieu propice à un complet développement.

Capsella Bursa-Pastoris Moench.

Cette plante est une des plus communes du globe; elle croît sur tous les terrains, quelle que soit leur composition chimique. Elle peut s'élever jusqu'à 2 000 mètres (1). En plaine, elle mesure de 20 à 50 centimètres de hauteur, et elle fleurit pendant presque toute l'année; vers 2 000 mètres d'altitude, elle est beaucoup plus petite (10 à 20 centimètres de hauteur) et porte beaucoup moins de fleurs; celles-ci s'épanouissent pendant toute la période de végétation.

Cette espèce présente de nombreuses variétés et de fréquentes anomalies. Les échantillons que j'ai choisis pour

(1) E. PERRIER DE LA BATHIE, dans son *Catalogue raisonné des plantes de la Savoie*, indique même que cette plante se rencontre jusqu'à 2 500 mètres d'altitude, mais toujours près des lieux fréquentés par l'homme ou les animaux.

l'étude anatomique ont les caractères du type principal. Les fleurs de plaine viennent de Valenciennes (Nord), et celles de montagne, des flancs du mont Joly, à 1500 mètres d'altitude (Haute-Savoie).

Pédoncule. — L'épiderme du pédoncule de plaine est formé par des cellules isodiamétriques recouvertes d'une faible cuticule; celui de montagne a une cuticule deux à trois fois plus forte; les cellules épidermiques sont allongées radialement et leurs parois sont très épaisses. En dedans de cette assise, on trouve, dans le pédoncule de montagne, trois assises de collenchyme sans méats intercellulaires, une ou deux assises de grandes cellules polygonales, puis deux ou trois assises de petites cellules polygonales, environ six fois plus petites que les précédentes, et enfin les faisceaux libéro-ligneux séparés par quelques cellules très petites formant une moelle très réduite.

En plaine, à l'intérieur de l'épiderme déjà décrit, on trouve environ quatre assises de cellules arrondies laissant entre elles des méats et même des lacunes. La zone des faisceaux libéro-ligneux qui vient ensuite ne se trouve recouverte que par cinq ou six assises cellulaires, tandis qu'on en comptait de dix à douze dans l'échantillon de montagne. La moelle, en plaine, est bien plus développée et formée de cellules plus grandes.

Calice. — Les sépales, premiers organes de protection du bouton, sont plus petits en plaine; ils tombent beaucoup plus tôt. Des coupes pratiquées dans ces pièces florales montrent qu'en plaine les cellules ont en général des dimensions un peu plus grandes; toutefois, il faut faire exception pour les cellules de l'épiderme externe, qui sont beaucoup plus développées dans la fleur de montagne. Comme dans le pédoncule, on observe aussi que la cuticule de cet épiderme est beaucoup plus développée dans l'échantillon montagnard. Dans ce dernier cas, l'épaisseur du parenchyme est plus grande, et on compte une ou deux assises cellulaires de plus.

Corolle. — Je n'ai observé de différences anatomiques que dans la forme des cellules épidermiques qui sont plus allongées dans le sens radial pour la fleur montagnarde. Déjà ces cellules font saillie à l'intérieur du bouton floral, à l'ouverture

de la fleur, elles donneront les papilles. Celles-ci sont plus rapprochées et plus hautes dans la fleur d'altitude.

Étamines. — En plaine, les filets sont un peu plus développés en longueur et en diamètre. A toute altitude, le pollen est jaune clair, ellipsoïde ; il mesure de 28 à 30 μ dans son plus grand diamètre, et l'exine est finement alvéolée.

Pistil. — En plaine, les loges de l'ovaire sont plus grandes et les ovules plus nombreux ; mais les feuilles carpellaires sont moins épaisses et les ovules un peu plus petits.

En résumé, la Capselle de montagne a un appareil protecteur plus développé et un appareil reproducteur plus réduit.

***Helianthemum vulgare* Gært.**

Cette espèce est un peu moins commune que la précédente ; mais aux endroits où elle se rencontre, près, clairières, lieux sablonneux et arides, elle est généralement en abondance. Elle croît presque jusqu'à la limite de la végétation, c'est-à-dire vers 2 800 mètres. A cette altitude, la tige ne mesure plus que 6 à 10 centimètres de longueur, tandis qu'en plaine elle est généralement deux à trois fois plus longue ; les fleurs y sont plus nombreuses, d'un jaune plus pâle et moins poilues. Gaston Bonnier a montré (1) les transformations considérables produites par l'altitude sur tout l'appareil végétatif et sur le facies général de cette espèce.

Comme la Capselle, l'Hélianthème vulgaire présente des formes très variables, et les échantillons que j'ai récoltés se rapportent au type qui a défini comme le type principal.

L'échantillon de plaine vient de Chantilly au bord des bois qui sont près des étangs de la Reine-Blanche ; celui de montagne vient du Cirque de l'Arcelin (massif de la Vanoise), à 1 800 mètres d'altitude.

Pédoncule. — En plaine, le pédoncule, vers la base de la fleur, ne porte presque pas de poils ; à l'intérieur de l'épiderme

(1) G. BONNIER, Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin (*Annales sc. nat.*, 7^e série, t. XX).

à cellules isodiamétriques, on trouve quelques assises parenchymateuses, puis la zone des faisceaux libéro-ligneux formant un anneau presque continu à l'intérieur duquel on trouve une moelle bien développée à cellules assez grandes.

Dans l'échantillon de montagne, les poils sont beaucoup plus nombreux, et la cuticule épidermique est plus développée ; en dedans de cet épiderme, on trouve une ou deux assises palissadiques, puis un parenchyme dense et au centre une plage circulaire formée des faisceaux libéro-ligneux. Ceux-ci ont une paroi bien plus lignifiée qu'en plaine, et il n'y a pas de moelle au centre du pédoncule. On voit comme la structure de ces deux pédoncules est différente.

Calice. — Le calice est formé par cinq pétales, trois de ceux-ci sont bien plus larges que les autres ; ils enveloppent complètement la base de la fleur. Les autres sépales, plus petits et plus étroits, sont placés plus extérieurement.

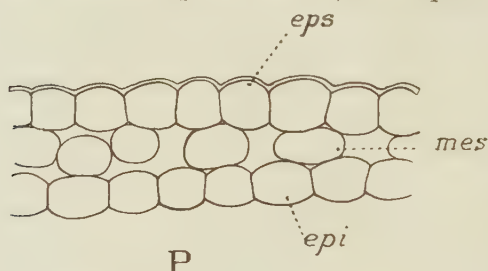
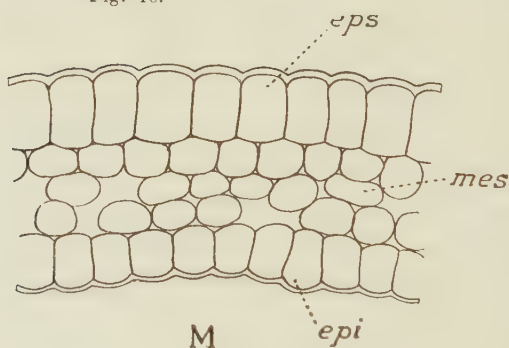


Fig. 15.

Fig. 16. — *Helianthemum vulgare*. — Corolle.

En montagne, les petits et les grands sépales ont beaucoup plus de poils ; les cellules épidermiques sont plus grandes, plus allongées radialement ; elles ont une cuticule plus épaisse. Le parenchyme, très lacuneux en plaine, l'est beaucoup moins en montagne.

La forme des poils est caractéristique ; ils sont pluricellulaires à la base et se séparent comme les branches d'une étoile. Ces

poils sont plus gros dans l'échantillon alpin.

Corolle. — La corolle est au moins deux fois plus épaisse en montagne (fig. 15 et 16) ; entre les deux épidermes, on

distingue trois assises cellulaires, tandis qu'en plaine il n'y en a généralement qu'une seule. En montagne, les épidermes, *eps* et *epi*, sont beaucoup plus allongés, ainsi que le montrent les figures 15 et 16.

Étamines. — Le nombre des étamines est très considérable ; dans les boutons floraux que j'ai coupés, j'en ai trouvé de 80 à 115. Eichler, dans le diagramme théorique qu'il a donné de l'*Helianthemum vulgare* (1), n'en représente que 64. Ce nombre est insuffisant à mon avis. Les filets des étamines sont un peu plus longs dans la fleur de plaine ; les sacs polli-

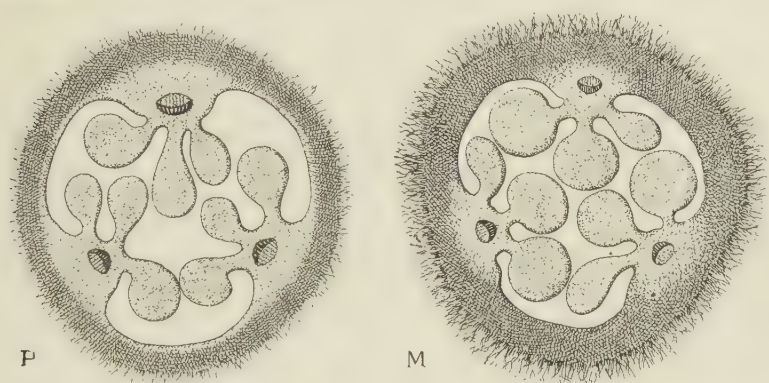


Fig. 17 et 18. — *Helianthemum vulgare*. — Ovaire.

niques sont aussi un peu plus développés. Mais les grains de pollen sont plus serrés dans les anthères de la fleur de montagne, de sorte qu'il y a à peu près autant de grains de pollen dans les deux cas.

Ces grains sont jaune-soufre, ellipsoïdes ; leur exine est finement striée ; dans leur plus grand diamètre, ils ont environ 70 μ .

Pistil (fig. 17 et 18). — En montagne, les trois feuilles carpellaires sont plus épaisses ; elles ont une ou deux assises cellulaires de plus ; les poils, qui sont situés sur la paroi externe de ces carpelles, sont plus nombreux et plus longs ; à l'intérieur des feuilles carpellaires, les ovules sont à peu près une fois et demie plus développés. Les placentas forment des cordons qui s'étendent de la base au sommet du pistil (2) ; très gros

(1) EICHLER, *Bluthendiagramme*, Bd. II, p. 230.

(2) PAYER, *Traité d'organogénie comparée de la fleur*, p. 17.

dans l'ovaire, ils s'amincissent beaucoup dans le style, dépassent son sommet, s'y étalent et se recouvrent de papilles stigmatiques. Ces cordons et les papilles sont toujours plus développés en montagne.

Dans cette espèce, on remarque qu'en montagne les tissus de protection sont plus épais, les poils plus développés. Pour l'appareil reproducteur, l'influence de l'altitude se fait sentir plus spécialement sur l'ovaire.

***Viola calcarata* L.**

Cette espèce appartient à l'étage alpin ; on ne la rencontre jamais à l'état spontané en plaine. Elle se trouve en abondance dans les prés et les pâturages alpins et jurassiques, jamais dans les Pyrénées. C'est une plante gazonnante, qui atteint rarement plus de 30 centimètres de hauteur. La couleur des fleurs varie du bleu au blanc, au jaune ou au brun vineux. C'est une des plus belles Pensées de notre flore. Gaston Bonnier (1) indique comme limites de sa végétation 1200 mètres et 2300 mètres, et c'est à ces deux altitudes que j'ai récolté les échantillons que j'ai étudiés ; celui de 1200 mètres vient des Contamines (Haute-Savoie) et celui de 2300 mètres du Bochor (massif de la Vanoise). Cette différence de 1100 mètres m'a permis d'apprécier l'influence de l'altitude sur une espèce montagnarde.

Les pieds sont généralement uniflores ; mais ce qui frappe, c'est la grande dimension de cette fleur unique, comparée à celle de l'appareil végétatif aérien toujours réduit. Le poids de la fleur avec son long pédoncule est à peu près égal à celui des feuilles et de la tige dans les plantes de l'altitude supérieure.

Dans cette espèce, on trouve de nombreuses cellules à composés phénoliques, surtout dans les épidermes, mais jamais dans les papilles. L'altitude ne semble pas influencer sur la production de ces composés phénoliques, qui sont en même quantité aux deux stations considérées.

Pédoncule. — L'épiderme du pédoncule est formé de cel-

(1) G. BONNIER, *Flore complète de France, Suisse et Belgique*, t. II, p. 17.

lules allongées radialement et à parois cutinisées. Ces caractères sont plus accentués dans l'échantillon de 2 300 mètres, et la cuticule est plus développée. Aux deux altitudes considérées, l'assise sous-épidermique a aussi ses parois épaissies. En dedans de celle-ci, on trouve cinq à six assises de parenchyme dans le pédoncule de 1200 mètres ; dans celui de 2300 mètres, il y a deux ou trois assises cellulaires de plus, et les méats intercellulaires sont plus petits et moins nombreux. Les faisceaux libéro-ligneux ne présentent pas de différence, mais la moelle est bien plus lacuneuse dans le pédoncule de l'altitude inférieure.

Calice et corolle. — A 2 300 mètres, les sépales sont un peu plus épais et d'un vert plus glauque.

Les pétales ont des papilles plus longues et plus serrées. J'ai coupé des pétales de fleurs épanouies, et j'ai constaté que toutes les cellules de l'épiderme interne du bouton se transforment en papilles ; le noyau cellulaire reste vers la base, où le protoplasme est assez dense ; la pointe de la papille a une membrane d'une extrême ténuité, et le contenu cellulaire est très clair. Les cellules de l'autre épiderme font un peu saillie à l'épanouissement de la fleur ; elles forment de petites papilles à sommet arrondi, mais trois à quatre fois moins hautes que celles de l'autre épiderme.

Entre ces deux assises cellulaires se trouve un tissu très lacuneux formé de trois ou quatre assises de parenchyme qui devient plus dense et se renfle de distance en distance pour enserrer de petits faisceaux libéro-ligneux. Le nombre de ceux-ci varie suivant la hauteur de la coupe considérée ; on peut en compter jusqu'à vingt-cinq dans la partie la plus large d'un pétale. Ce parenchyme est formé de cellules plus petites ; il est moins lacuneux et comporte une ou deux assises cellulaires de plus dans la fleur de 2 300 mètres d'altitude.

Étamines et pistil. — Il n'y a pas de différence à signaler pour les étamines ; mais, pour le pistil, on remarque, comme pour l'espèce précédente, que les feuilles carpellaires, les placentas et les ovules sont plus développés à l'altitude supérieure.

Silene inflata Sm.

Cette espèce se trouve dans toute l'étendue de notre flore ; on la rencontre, en montagne, jusqu'à 2600 mètres d'altitude. Elle a alors de 8 à 30 centimètres et prend plus ou moins la forme de *S. alpina* Thomas ; elle peut même se transformer complètement en cette race (1). Elle n'a plus alors qu'une seule fleur ou quelquefois deux, de teinte souvent violacée. Ses feuilles sont d'un vert plus glauque. En plaine, cette espèce peut atteindre près de un mètre de hauteur ; elle porte un très grand nombre de fleurs blanches ou parfois un peu roses.

J'ai récolté un grand nombre de pieds de *S. inflata*, et, parmi ces récoltes, j'ai choisi pour la plaine ceux dont la description se rapporte au type principal : calice sans poils, bractées membraneuses, styles minces au sommet, graines couvertes de rugosités saillantes. On ne trouve pas en montagne ce type exact ; comme je l'ai dit plus haut, le *S. inflata* de montagne tend à devenir le *S. alpina*.

Les échantillons dont j'ai fait l'étude anatomique proviennent de La Boulaye (Saône-et-Loire), du bois de la Madeleine, près du col du Lautaret (1 900 m.) et des pentes du Pic du Midi (2 300 m.).

Pédoncule. — Dans l'échantillon de plaine, ce pédoncule est formé d'un épiderme à cellules moins hautes radialement que tangentiellement, de quatre à six assises de grandes cellules arrondies laissant entre elles de larges lacunes, puis quelques assises de petites cellules arrondies ; les cinq faisceaux du bois sont séparés par de larges rayons médullaires, et, au centre, une moelle à grandes cellules laissant entre elles de petits méats triangulaires.

Les pédoncules de montagne ont un épiderme allongé radialement, recouvert d'une épaisse cuticule ; les assises sous-épidermiques sont formées d'éléments beaucoup plus petits ; les lacunes y sont rares, et souvent il n'y a que quelques méats intercellulaires. Les vaisseaux du bois sont beaucoup

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Annales sc. nat.*, 1895).

moins nombreux, placés plus près du centre; la paroi ligneuse est plus épaisse, et la moelle centrale n'est formée que de quelques petites cellules sans méats.

Calice.— Il est plus renflé dans la fleur de plaine; on observe aussi les différences épidermiques déjà mentionnées; de plus, on voit une très grande différence dans le parenchyme, qui est placé entre ces deux épidermes; en plaine, il est bien plus lacuneux et formé de cellules plus grandes. Pour ces deux raisons, le calice est plus épais dans la fleur de plaine.

Tissu nectarifère. — Gaston Bonnier (1) remarque que le *S. inflata* est bien plus mellifère à 1 500 mètres d'altitude qu'à 400 mètres. Il indique que les Abeilles visitent ces fleurs avec activité dans les hautes localités et les délaissent en plaine; pour aller recueillir le nectar, elles perforent le tube du calice. Je n'ai pas trouvé dans G. Bonnier la description du tissu nectarifère du *Silene inflata*. Je vais l'exposer ici.

Lorsqu'on examine les coupes transversales en série faites à partir du pédoncule, on observe d'abord que le calice se détache de ce pédoncule et forme une large enveloppe autour de la masse centrale qui donnera toutes les autres parties de la fleur. Un peu plus haut, une fente circulaire se produit dans cette masse, laissant au centre le carpophore qui supportera l'ovaire, et autour de celui-ci une couronne qui se fragmentera un peu plus haut pour former les cinq pétales et les dix étamines. C'est le tissu interne de cette couronne qui est gorgé de sucs. En plaine, l'épaisseur de ce tissu, dans une coupe transversale, est deux fois moins grande que dans les plantes de montagne. De plus, ce tissu nectarifère, dans les échantillons de basse altitude, ne s'étend que sur une petite hauteur, tandis que, dans les fleurs des altitudes de 1 900 mètres et 2 300 mètres, on peut l'observer avant même que soit formée la fente circulaire entre la couronne et le pédicelle de l'ovaire; ce tissu remonte jusqu'à la base des étamines et des pétales. Cette disposition du tissu nectarifère explique la nécessité des Abeilles de perforer le calice pour atteindre la sécrétion sucrée. Le plus grand dévelop-

(1) G. BONNIER, Les Nectaires (*Annales sc. nat.*, 1879).

pement de ce tissu dans les hautes altitudes correspond à l'observation de G. Bonnier sur les visites bien plus fréquentes que font les Abeilles en haute altitude dans les fleurs du *Silene inflata*. En plaine, ces fleurs n'ont que très peu de nectar et ne sont presque pas visitées par les Abeilles.

Corolle. — Ainsi que le montrent les figures 19 et 20, l'anatomie de la corolle est bien différente aux deux alti-

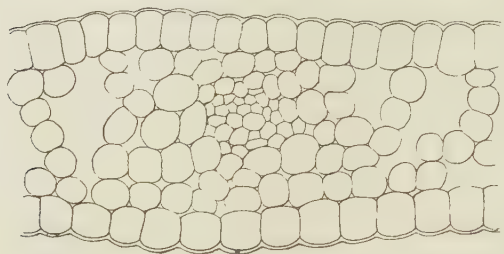


Fig. 19.

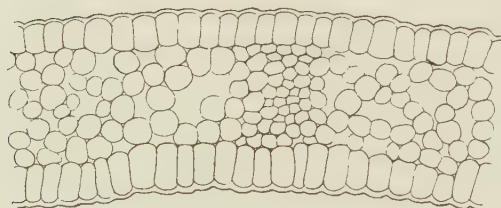


Fig. 20. — *Silene inflata*. — Corolle.

tudes considérées.

En montagne, M, les épidermes sont bien plus hauts, surtout l'épiderme supérieur ; le mésophylle est formé de cellules plus petites, laissant entre elles des lacunes moins grandes.

Étamines. — J'ai indiqué plus haut comment les étamines se détachent de la couronne

placée entre le large calice gamosépale et le carpophore qui supporte l'ovaire. Cette couronne se partage en quinze parties : les cinq plus externes donnent les pétales et les dix autres les filets des étamines. Ceux-ci sont très courts en montagne ; les sacs polliniques descendent très bas dans la fleur. L'insertion du filet ne se fait pas à la base de l'anthère, mais un peu au-dessus, de sorte qu'avant même d'atteindre la hauteur à laquelle la couronne se segmente on a des coupes dans la base des sacs polliniques. En plaine, ces sacs ne descendent pas aussi bas, et le pollen est un peu moins abondant dans les échantillons que j'ai récoltés. Les grains de pollen sont sphériques, jaune-soufre ; leur exine est ponctuée et leur diamètre est de 50 μ environ.

Pistil. — Dans la fleur de montagne, les trois feuilles car-

pellaires sont bien plus épaisses; les ovules sont plus gros, mais un peu moins nombreux. Gaston Bonnier et M. J. Friedel (1) expliquent comment se fait le passage entre le pédoncule, qui a cinq faisceaux libéro-ligneux, et le carpophore, qui en a six. Les mêmes auteurs signalent l'allongement plus considérable de ce carpophore dans les plantes alpines.

***Lychnis dioica* L.**

Var. *vespertina* Sibth.

Cette espèce est assez commune dans toute l'étendue de notre flore, sauf en certaines contrées comme le Jura; la sous-espèce *vespertina* (qui ne remonte pas aussi haut que le *S. diurna*), ne se rencontre guère au-dessus de 1200 mètres d'altitude, ainsi que les Flores l'indiquent et que j'ai pu le constater.

E. Perrier de la Bathie, dans son Catalogue raisonné des plantes vasculaires des départements de la Savoie et de la Haute-Savoie, l'indique comme répandue dans l'étage subalpin.

J'ai récolté mes échantillons de montagne aux Contamines (Haute-Savoie), à 1200 mètres d'altitude, c'est-à-dire à la limite naturelle de la végétation de cette espèce. Les plantes sont un peu plus petites qu'en plaine, mais on trouve encore quelques échantillons assez grands. Les pieds peuvent atteindre de 30 centimètres à 1^m,20; les plantes pistillées sont en général plus grandes que les plantes staminées.

La floraison se fait, en plaine, d'avril à octobre, et, vers 1200 mètres d'altitude, de juillet à septembre. Les inflorescences portent un peu moins de fleurs en montagne, et celles-ci sont plus souvent roses.

Étude de la fleur mâle.

J'ai comparé les échantillons des Contamines à ceux que j'ai recueillis à Ris-Orangis (Seine-et-Oise).

Pédoncule. — L'épiderme porte beaucoup de poils pluri-

(1) G. BONNIER et M. J. FRIEDEL, Sur les entre-nœuds de la fleur (*Revue générale de botanique*, t. XXVIII, 1916).

cellulaires. Ils sont plus longs et plus nombreux dans l'échantillon de montagne; on remarque aussi un parenchyme cortical plus développé et une moelle plus dense.

Tissu nectarifère. — Comme dans le *Silene inflata*, il est situé à l'intérieur de la couronne formée à la base de la fleur par la soudure des étamines et des pétales, autour du style qui ne se développe pas et forme une très petite colonne cylindrique de 1 ou 2 millimètres de haut seulement, au centre de la fleur. Ce tissu est plus développé dans l'échantillon de montagne; il s'étend sur une plus grande hauteur et forme une couche plus épaisse dans la couronne.

Calice. — Il présente dix côtes : cinq d'entre elles sont plus accentuées et alternent avec les cinq autres. Ces dernières s'aplatissent vers le haut du calice; le faisceau libéro-ligneux qui les parcourt se partage en deux, et une fente entre ces deux faisceaux se produit, donnant cinq dents. Chacune de celles-ci est parcourue par sept faisceaux libéro-ligneux.

Sur toute la hauteur, le calice est recouvert extérieurement de poils pluricellulaires comme ceux du pédoncule (Pl. I et II). Les plus gros sont toujours placés en face des faisceaux libéro-ligneux. Les cinq côtes les plus saillantes qui donnent les dents du calice portent des poils plus nombreux et plus longs. Dans la fleur de montagne, on observe, comme pour le pédoncule, un plus grand développement de ces poils.

On remarque aussi que, dans cette fleur, l'épaisseur du calice est plus grande, le tissu moins lacuneux, et l'assise placée sur l'épiderme externe prend une forme palissadique. Dans les échantillons de plaine, les cellules sous-épidermiques ne présentent pas du tout d'allongement radial.

Corolle. — A la base du bouton, il n'y a qu'un seul faisceau libéro-ligneux dans chaque pétale. Un peu plus haut, on en trouve trois, et ce nombre va en augmentant à mesure que l'on étudie des coupes plus élevées. Au sommet du bouton, on observe une vingtaine de faisceaux dans chaque pétale.

Cet accroissement de l'appareil circulatoire correspond à une augmentation de largeur des pétales. A la base, ils sont

séparés ; puis, un peu au-dessus, on observe la préfloraison tordue ; les pétales vont en se recouvrant de plus en plus à mesure que l'on considère une coupe pratiquée plus haut dans la fleur. Vers le sommet de celle-ci, ils forment quatre ou cinq couches enroulées au-dessus des étamines.

En montagne, les pétales sont plus épais, les épidermes protégés par une cuticule plus développée ; le parenchyme présente moins de lacunes ; il est formé de cellules plus petites.

Étamines. — Dans une coupe passant par les dix filets des étamines, on remarque que ceux-ci se trouvent sur deux cercles (Pl. II). Les cinq filets situés sur le cercle externe sont placés en face de la nervure principale de chaque pétale ; leur diamètre est nettement plus petit que celui des filets du cercle interne. Tous ces filets portent des poils pluricellulaires ; mais ces poils sont plus nombreux sur les filets du cercle interne. L'assise sous-épidermique est lacuneuse. Je n'ai pas observé de différence causée par l'altitude dans la structure anatomique de ces filets.

Les cinq étamines externes sont plus courtes que les cinq étamines internes. Dans des coupes pratiquées dans les anthères de très jeunes boutons, chaque étamine montre ses quatre sacs distincts. Mais, dans des boutons un peu plus développés, la cloison qui sépare les deux sacs polliniques d'un même côté de l'anthère se résorbe, et l'étamine est constituée par deux loges seulement. Dans des boutons mâles de montagne, la déhiscence se produit beaucoup plus tôt (Pl. I).

En plaine, les sacs polliniques sont un peu plus petits, et les grains de pollen ont un diamètre moindre.

Geranium pratense L.

C'est une plante montagnarde dont la taille varie de 30 centimètres à 1 mètre. Elle se trouve rarement en plaine ; j'ai pu la récolter à LaBoulaye (Saône-et-Loire), à 300 mètres d'altitude, où elle est acclimatée depuis plusieurs années dans un jardin botanique. Là, elle fleurit en mai et juin ;

en montagne, la floraison a lieu, suivant l'altitude, de juin à août.

Les fleurs de montagne que j'ai comparées à celles de La Boulaye viennent de Notre-Dame-de-la-Gorge, les Contamines (Haute-Savoie), 1 200 mètres d'altitude. Cette espèce peut croître jusqu'à 1 600 mètres, mais on ne la rencontre jamais en haute montagne.

Pédoncule. — L'épiderme porte de nombreux poils terminés par une glande sphérique, qui sont en plus grand nombre dans l'échantillon de montagne. On remarque aussi que le diamètre de ce dernier pédoncule est plus grand, le parenchyme cortical plus développé et plus dense. La moelle plus réduite et formée de cellules ne laissant pas de méats entre elles.

Tissu nectarifère. — A la base du bouton, on voit se détacher les cinq sépales, au-dessous desquels on distingue dix mamelons ; les cinq qui alternent avec les sépales donneront les pétales ; les cinq autres, à contenu cellulaire dense et sucré, sont formés par du tissu nectarifère. Celui-ci ne s'étend que sur une très petite hauteur. Mais on retrouve encore du tissu nectarifère sur les parois pentagonales de l'ovaire, à l'intérieur du cercle interne des étamines et à la base des filets des étamines. Ce tissu nectarifère, comme celui qui est placé à la base de la fleur, vers l'insertion des pétales, est toujours plus développé dans la fleur de montagne.

Calice. — Dès la base de la fleur, la préfloraison du calice est quinconciale. Les sépales sont plus épais et portent plus de poils dans la fleur montagnarde (Pl. IV).

Corolle. — La préfloraison est tordue, suivant la hauteur ; dans le bouton de la coupe considérée, on trouve 1, 3, 5, 7, 9 faisceaux libéro-ligneux. Les pétales de montagne sont plus épais ; ils ont un épiderme interne plus allongé radialement ; celui-ci vers le haut du bouton, avant l'épanouissement de la fleur, donne des papilles qui sont plus développées et plus serrées dans l'échantillon supérieur.

Étamines. — En montagne, les filets des dix étamines sont plus larges à la base (Pl. IV) ; les sacs polliniques sont plus grands et contiennent plus de pollen. A toute altitude,

celui-ci est blanc, légèrement bleuâtre, et les grains sont très gros (environ 70 μ). Les filets portent de petits poils plus abondants en montagne (Pl. IV), et les sacs polliniques communiquent entre eux deux à deux avant la déhiscence de l'anthere. Vers le sommet du bouton, on observe que cette déhiscence s'est produite avant l'épanouissement de la fleur.

Pistil. — En montagne, les feuilles carpellaires sont bien plus développées. L'épiderme externe du pistil porte beaucoup plus de poils ; les papilles sont plus longues et plus serrées sur les stigmates.

L'autopollinisation et l'autofécondation se sont produites à l'intérieur du bouton. Cette observation est en faveur de la théorie de Gaston Bonnier (1), qui combat les travaux d'Hermann Müller de Lubbock. Ces deux auteurs se sont servis du genre *Geranium* pour établir le rôle attractif exercé sur les insectes par les grandes dimensions de la corolle. Lubbock qui a résumé en anglais (2) l'ouvrage de Müller (3) et y a ajouté ses observations personnelles, donne un tableau pour le genre *Geranium* indiquant que la visite des insectes et la disposition des fleurs pour la fécondation croisée sont rigoureusement en rapport avec la grandeur des corolles dans l'ordre suivant :

Geranium pratense ;
— *pusillum* ;
— *molle* ;
— *pyrenaicum*.

Gaston Bonnier a observé que le premier est à peine visité par les Insectes. J'ajoute que le tissu nectarifère de cette espèce est peu développé et que la fécondation se produit avant l'épanouissement de la fleur. L'ensemble de ces observations établit que « le développement des grandes dimensions de la corolle ne correspond pas à celui du nectar, qu'il

(1) G. BONNIER, Les Nectaires (*Ann. sc. nat.*).

(2) LUBBOCK, *British wild Flowers in relation to Insects*, London, 1875.

(3) HERMANN MÜLLER, *Die Befruchtung der Blumendurch Insekten*, Leipzig, 1873.

est indépendant de la fréquente visite des Insectes (1) » et que la fécondation se fait à l'intérieur du bouton floral sans l'intervention des insectes.

Les fleurs de *Geranium pratense* sont en général plus grandes en montagne. A ce plus grand développement en surface des pièces de la corolle correspondent une plus grande épaisseur des sépales et des pétales, un système pilifère et des tissus nectarifères plus importants. L'appareil reproducteur aussi est plus développé en altitude. Il est intéressant de remarquer que cette plante, qui ne pousse pas spontanément en plaine, lorsqu'elle y est acclimatée, donne des fleurs en plus grand nombre, mais chaque partie de la fleur a un développement moindre. L'appareil végétatif aérien (tiges et feuilles), au contraire, acquiert des dimensions bien plus grandes.

***Geranium pyrenaicum* L.**

La taille de ce *Geranium* est moindre que celle du *Geranium pratense*. Les plus grands échantillons ne dépassent guère 50 centimètres de hauteur. Ses fleurs sont plus petites. C'est une espèce beaucoup plus commune ; malgré son nom, elle n'est pas limitée à la région pyrénéenne ; elle se trouve dans presque toutes les plaines de France (sauf dans l'Ouest) et dans la plupart des régions montagneuses, où elle s'élève jusqu'à 1 900 mètres. G. Bonnier a remarqué (2) qu'elle s'est répandue par l'intermédiaire des chemins de fer dans plusieurs contrées, et en particulier dans les environs de Paris. La floraison a lieu de mai à septembre en plaine.

J'ai étudié les boutons floraux venant de Lille et de Pralognan (Savoie), à 1 500 mètres d'altitude.

Pédoncule. — Les différences anatomiques causées par l'altitude sont les mêmes que pour le *Geranium pratense*.

Calice. — Les sépales de la fleur de montagne sont plus épais ; ils portent extérieurement des poils glanduleux plus longs et plus nombreux. Les deux épidermes sont recouverts

(1) G. BONNIER, Les Nectaires, p. 35.

(2) G. BONNIER, *Flore complète de France, Suisse et Belgique*, t. II, p. 86.

d'une cuticule plus épaisse, surtout l'épiderme externe ; les cellules de celui-ci sont allongées radialement, tandis qu'en plaine elles sont isodiamétriques. Enfin, en montagne, le parenchyme compris entre ces deux épidermes se compose d'une ou deux assises cellulaires de plus.

Tissu nectarifère. — Le tissu nectarifère est disposé comme pour le *Geranium pratense*, mais c'est à peine si on le distingue des autres tissus, dans la fleur de plaine, car il est très réduit. De plus, en montagne, on distingue des cellules sécrétrices sur une grande partie de l'épiderme interne des filets des cinq étamines placées autour de l'ovaire.

Corolle. — Les différences sont les mêmes que pour le *Geranium pratense*.

Étamines. — Les filets des étamines de la fleur de plaine sont ailés vers leur base, tandis qu'ils sont semi-circulaires dans la fleur de montagne. On remarque encore que les grains de pollen sont bien plus gros dans la fleur de plaine. Les deux sacs polliniques d'un même côté de l'anthere communiquent entre eux dans la partie supérieure de l'étamine, et, vers le sommet de celle-ci, on observe le commencement de la déhiscence. Cependant, contrairement au *Geranium pratense*, on n'observe pas l'autopollinisation avant l'épanouissement de la fleur.

Pistil. — Les ovules sont plus petits en plaine, mais ils sont plus nombreux et protégés par des feuilles carpellaires moins épaisses. Les papilles, au sommet des stigmates, sont moins longues et moins nombreuses qu'en altitude.

Anthyllis Vulneraria L.

J'ai récolté de nombreux échantillons de cette plante et à des stations très différentes : à La Boulaye (Saône-et-Loire), à 260 mètres d'altitude ; dans le Bugey ; aux Contamines (Haute-Savoie), à 1200 mètres ; près du glacier de Tré-la-Tête, à 2 000 mètres (massif du Mont-Blanc, Haute-Savoie) ; au Lautaret (Hautes-Alpes), à 2100 mètres ; et dans les Pyrénées centrales : à Pène-Blanco, à 2 000 mètres, au Pic du Midi de Bigorre, vers l'Observatoire, à 2 860 mètres, et vers la Table d'orien-

tation du Pic du Midi, à 2 877 mètres. Les dimensions de cette plante varient beaucoup avec l'altitude et la station. Au sommet du Pic du Midi, altitude extrême où l'*Anthyllis Vulneraria* se rencontre, cette plante n'a que 4 ou 5 centimètres de haut, tandis qu'en plaine elle peut atteindre 60 et 80 centimètres. Au Pic du Midi, chaque pied ne porte qu'une seule inflorescence ; aux Contamines, on rencontre des pieds qui en portent en général trois ou quatre ; dans le Charolais, le nombre des inflorescences est souvent de huit et même dix par pied fleuri. En haute montagne, les fleurs sont en général plus petites qu'en plaine, en moyenne une fois et demie à deux fois plus petites au Pic du Midi ; mais, comme la plante entière est de douze à seize fois plus réduite, il en résulte que, comparée à la taille de la plante, la grandeur de la fleur est encore huit à dix fois plus considérable en haute montagne.

Enfin la couleur des fleurs est aussi très variable avec le lieu et l'altitude. M. Monnet a remarqué que, sur les coteaux secs du Revermont et du Bas-Bugey, on trouve très souvent des fleurs d'*Anthyllis Vulneraria* ayant la base des pétales jaune ou blanchâtre et le sommet rouge (c'est la forme *tricolor* de certains botanistes), tandis que, dans le Haut-Bugey, les fleurs sont toujours franchement jaunes. M. Bouget, botaniste du Pic du Midi, a observé, dans les Hautes-Pyrénées, et je l'ai constaté après lui, que les fleurs d'*Anthyllis Vulneraria* sont jaunes en plaine et qu'elles prennent une teinte de plus en plus rouge avec l'altitude. A plus de 2 500 mètres, les fleurs sont complètement rouges, c'est la variété *rubriflora* D. C. ou l'*Anthyllis Dillenii* Schultes. Cette observation est conforme à celle que M. Gaston Bonnier a faite et qu'il a confirmée par l'expérimentation (1).

Pédoncule. — Les fleurs sont très brièvement pétiolées et groupées en une inflorescence qui ressemble à un capitule. A la base de cette inflorescence, on trouve une bractée en éventail qui est plus glauque et plus poilue dans la plante montagnarde. Une coupe faite dans le très court pédoncule floral montre que la cuticule est toujours plus épaisse, et les poils appliqués plus gros et plus serrés dans les échantillons

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. sc. nat.*).

de montagne. Dans ces derniers, on remarque aussi l'allongement dans le sens radial des cellules épidermiques.

Calice. — L'épiderme externe porte beaucoup de poils; le nombre de ceux-ci est plus grand en montagne. Entre les deux épidermes qui présentent, suivant l'altitude, les différences signalées pour les fleurs déjà étudiées, on remarque que le parenchyme, très lacuneux en plaine, où il ne comprend que quelques cellules, près des faisceaux libéro-ligneux, est plus dense dans la fleur de montagne. L'épaisseur totale du calice est plus grande dans cette dernière. Mais ce sont les échantillons du Pène-Blanco (2 000 mètres), et du Lautaret (2 100 mètres), qui présentent ces caractères différenciels au plus haut point. Dans les stations d'altitude plus élevée, par exemple au sommet du Pic du Midi, il y a une atténuation de ces différences. Il semble que l'optimum du développement du calice ait lieu vers 2 000 mètres d'altitude.

Corolle. — Les différences anatomiques de la corolle correspondent à celles du calice; mais il faut noter encore l'accroissement des papilles des pétales. Celles-ci proviennent des deux épidermes; elles sont déjà développées, vers la moitié supérieure des pétales, à l'intérieur du bouton. Elles sont plus longues et plus serrées dans les échantillons de 2 000 mètres d'altitude.

Étamines. — Une coupe faite vers la base de la fleur, dans la région où les filets de neuf étamines sont soudés, montre que la couche formée par ceux-ci est plus épaisse en montagne. Les filets y sont plus courts.

Le pollen est gris blanchâtre; les grains sont polyédriques à faces concaves; leur plus grand diamètre atteint 31 μ . Ils sont plus nombreux aux basses altitudes et jusqu'à 2 000 mètres. En haute montagne, le pollen devient plus rare et les sacs polliniques plus petits.

Pistil. — C'est vers 2 000 mètres que les ovules présentent les plus grandes dimensions, mais ils sont moins nombreux qu'en plaine. Au sommet du Pic du Midi de Bigorre, le pistil est très réduit; les ovules restent petits et peu nombreux.

Trifolium pratense L.

Ce trèfle présente de nombreuses formes, et il offre souvent des anomalies (tiges fasciées, verdissement des fleurs, transformation du pistil en une feuille à trois folioles, etc.). J'ai étudié des plantes normales se rapportant au type principal. Mais, en haute montagne, ce type se rapproche du *Trifolium nivale* par ses petites dimensions, sa couleur rose terne ou parfois rose foncé plus ou moins mêlé de jaune, son calice très velu et ses stipules poilues sur leur face externe.

En plaine, le *Trifolium pratense* mesure de 15 à 70 centimètres ; en montagne, de 6 à 40 centimètres. On peut le rencontrer jusqu'à 2 800 mètres d'altitude.

Les échantillons que j'ai étudiés viennent de Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire), à 300 mètres d'altitude, des Contamines (Haute-Savoie), à 1 200 mètres, et des bords du glacier de Tré-la-Tête, à 2 000 mètres.

A cette dernière station, j'ai remarqué que les inflorescences comportent un moins grand nombre de fleurs. Les stipules élargies des feuilles supérieures qui entourent ces inflorescences se trouvent plus développées, plus enveloppantes et plus épaisses à Tré-la-Tête que dans les échantillons de plaine et dans ceux de la station intermédiaire.

Gaston Bonnier, dans les cultures expérimentales qu'il a faites de cette espèce, à l'École normale, à Louve, à l'Aiguille de la Tour et au Montavers, a remarqué que les échantillons supérieurs ont des fleurs d'un septième à un neuvième plus longues que les fleurs de plaine. Les fleurs sont d'un rouge plus foncé (1).

Pédoncule. — Chacune des fleurs qui composent une inflorescence est supportée par un très petit pédoncule qui n'a souvent pas plus d'un millimètre de long. En plaine, ce petit pédoncule est formé par des cellules un peu plus grandes et présentant quelques lacunes entre elles ; en montagne, le parenchyme est plus dense, et les faisceaux libéro-ligneux sont situés plus près de l'axe de ce pédoncule.

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. des sc. nat.*).

Calice. — Le calice présente à sa base dix faisceaux libéro-ligneux qui correspondent aux dix nervures apparentes. Un peu plus haut, il présente un anneau plus épais formé par un renflement intérieur, puis il se divise en cinq dents qui s'infléchissent un peu les unes vers les autres. Une de ces dents est deux fois plus grande que les quatre autres.

L'épaisseur du tube du calice est plus grande dans la fleur de 2 000 mètres d'altitude; le bourrelet intérieur est un peu plus développé. A partir de ce bourrelet, on observe des poils à l'intérieur du tube et sur les dents du calice. Ceux-ci sont plus nombreux à la plus haute station, et l'épiderme externe du tube du calice présente une cuticule plus développée.

Corolle. — Toutes les pièces de la corolle, mais surtout l'étendard, présentent une épaisseur plus grande en haute montagne. Le parenchyme est plus dense et formé de cellules plus petites. Les épidermes, et spécialement l'épiderme externe, présentent un allongement radial et une cuticule plus accusés vers la base de la fleur. Vers le sommet, on remarque le commencement du développement des papilles sur les deux épidermes. Ces papilles sont plus hautes dans la fleur de montagne.

Étamines. — C'est à peu près au niveau du bourrelet signalé pour le calice que les neuf filets soudés se séparent et deviennent indépendants. Le pollen est moins abondant, les grains sont un peu moins gros dans l'échantillon de Tré-la-Tête que dans l'échantillon de plaine et dans celui de la station intermédiaire.

Le pollen est jaune brun; les grains sont presque sphériques, et l'exine présente des alvéoles très marqués. En plaine, le diamètre de ces grains de pollen est de 48 μ .

Avant la déhiscence de l'anthère, on observe la communication très large des deux sacs polliniques placés d'un même côté du connectif.

Pistil. — Il est très peu développé dans le bouton, et je n'ai pas pu observer de différence dans les divers échantillons que j'ai étudiés.

Trifolium repens L.

La taille de cette espèce est généralement plus petite que celle du *Trifolium pratense*. On ne la trouve pas au-dessus de 2 300 mètres à l'état spontané. Les fleurs sont blanches ou rarement rosées en plaine. En montagne, elles présentent plus fréquemment cette coloration, qui est due à l'altitude. En effet, Gaston Bonnier (1), ayant planté à l'Aiguille de la Tour des fragments de pieds de plantes de plaine à fleurs absolument blanches, a observé que ces pieds donnaient des fleurs d'un blanc rosé.

Le pédoncule des fleurs de *Trifolium repens* est plus long que celui de *Trifolium pratense* ; il atteint et même dépasse la longueur du calice. Ce pédoncule est toujours bien plus court dans les fleurs de montagne.

La plante ne porte pas de poils, et en particulier le sommet du tube du calice et ses dents en sont entièrement dépourvus. En montagne, la plus grande protection de la fleur, au lieu de se faire par cet appareil pilifère, est obtenue par des épidermes plus épais, à cuticule plus développée.

A part ces quelques différences anatomiques, j'ai pu observer, chez les *Trifolium repens*, les mêmes modifications causées par l'altitude que dans l'espèce précédente.

Trifolium incarnatum L.

C'est presque toujours près des cultures qu'on rencontre cette espèce ; toutefois, les graines peuvent être transportées assez loin par le vent. Comme toutes les plantes annuelles, elle ne se trouve jamais dans les hautes altitudes.

J'ai étudié des fleurs de plaine venant de Rombies (Nord) et des fleurs des Contamines (Haute-Savoie), 1 200 mètres.

La culture accentue la coloration des fleurs. Les pieds trouvés çà et là à l'état spontané ou subspontané ont des fleurs roses ou d'un blanc rosé (2), tandis que, dans les champs

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. des sc. nat.*, 1895, p. 247).

(2) *Flore complète de la France, Suisse et Belgique*, t. III, p. 36.

de culture, ils ont des grappes purpurines. Mais, en comparant les fleurs de plaine et les fleurs de montagne, soit dans les cultures, soit hors de celles-ci, on observe, avec les mêmes conditions de développement, une augmentation de coloration pour les fleurs de montagne.

Toute la plante est couverte de poils appliqués, mais ceux-ci se trouvent en bien plus grand nombre dans les échantillons de montagne. Dans ceux-ci, on remarque encore que les inflorescences forment des grappes moins allongées, que les fleurs sont plus serrées et moins nombreuses. Enfin les ovules sont plus gros et en moins grand nombre. Les autres caractères anatomiques subissent les mêmes modifications que le *Trifolium pratense*.

Lotus corniculatus L.

En plaine, les plus grands échantillons de cette espèce peuvent atteindre 80 centimètres ; la floraison se produit depuis le mois de mai jusqu'au mois de septembre ; les fleurs sont groupées généralement par quatre, cinq ou six.

Le *Lotus corniculatus* peut croître jusqu'aux plus hautes altitudes de la végétation phanérogamique. Dans sa grande Flore, Gaston Bonnier indique 2 600 mètres comme altitude limite de cette espèce dans les Alpes françaises et dans les Pyrénées. Mais on la rencontre bien plus haut ; ainsi elle croît en abondance jusqu'au sommet du Pic du Midi de Bigorre, à 2 877 mètres d'altitude. A cette station, son facies est bien changé ; les tiges devenues ligneuses rampent sur le sol ; elles n'ont pas plus de 6 centimètres de longueur, et on trouve des plantes où elles n'ont même plus que 2 ou 3 centimètres. Les feuilles sont extrêmement réduites ; elles mesurent un à deux millimètres de longueur, tandis qu'en plaine elles ont de un à deux centimètres. Les inflorescences sont réduites à une seule fleur, et les pieds sont souvent uniflores. La floraison ne se produit que du 15 juillet au 15 août.

Mais un peu au-dessous du sommet du Pic du Midi, même déjà vers 2 850 mètres, autour de l'Observatoire, on observe

des formes moins réduites ; les inflorescences ont souvent deux ou trois fleurs et, grâce à la plus longue période de végétation, le temps de la floraison est doublé. Ce n'est pas à une dénivellation de moins de 30 mètres d'altitude qu'il faut attribuer ces différences, mais à ce que les échantillons croissant au sommet du Pic vers la Table d'orientation sont beaucoup plus exposés aux vents et à toutes les intempéries.

Il est important de remarquer qu'en haute montagne la tige du *Lotus corniculatus* peut être quarante fois plus courte qu'en plaine et les feuilles vingt fois plus petites. Les fleurs subissent aussi une réduction, et la longueur totale de celles-ci peut être deux fois plus réduite. Mais, si on compare la dimension de cette fleur à la longueur de la tige, on voit qu'à l'extrême limite de sa végétation elle est environ treize fois plus grande. Comparées aux feuilles, les fleurs de montagne ont une taille environ sept fois plus grande qu'en plaine.

Le *Lotus corniculatus* est un bon exemple du développement relatif plus considérable de l'appareil florifère comparative-ment au reste de l'appareil végétatif aérien.

En haute altitude, la coloration des fleurs est plus chaude ; elle est souvent rouge orangé et même bordeaux. Dans les échantillons de mon herbier, j'ai pu remarquer aussi une différence dans la coloration des fleurs séchées depuis trois et quatre ans. Gaston Bonnier a remarqué, dans sa grande *Flore*, que l'étendard des fleurs de cette espèce devient vert dans les fleurs desséchées. Ce verdissement est plus intense pour les fleurs des hautes altitudes, et il se produit aussi sur la partie inférieure des autres pièces de la corolle.

J'ai coupé de très nombreux échantillons de cette espèce, que j'ai rencontrée partout où j'ai herborisé ; les fleurs étudiées viennent des environs de Valenciennes, du Charolais, des Contamines, à 1200 mètres ; de l'Arcelin (Savoie, massif de la Vanoise), à 1850 mètres ; du Lautaret, à 2000 mètres, et du Pic du Midi de Bigorre, à Pène-Blanco, à 2000 mètres, un peu plus haut à 2500 mètres et enfin vers l'Observatoire, à 2850 mètres, et vers la Table d'orientation à 2877 mètres.

Pédoncule. — Le diamètre du pédoncule est plus faible pour les échantillons du sommet du Pic du Midi et de l'Obser-

vatoire ; dans ceux-ci, on remarque une cuticule très épaisse, un amas considérable de sclérenchyme pérycyclique, des vaisseaux du bois étroits et à parois épaisses, enfin des tissus à peu près sans méats.

En plaine, la cuticule est mince ; le parenchyme cortical présente des lacunes et des méats ; le sclérenchyme pérycyclique est formé de cellules plus larges ; ce sclérenchyme est de deux à trois fois moins développé qu'en haute altitude ; les vaisseaux du bois sont plus gros et moins lignifiés. La moelle est formée de cellules plus grandes laissant entre elles de larges méats.

Les échantillons des autres stations présentent des caractères intermédiaires.

Calice. — Gaston Bonnier a signalé (1) l'abondance plus grande de chlorophylle dans le calice des fleurs de montagne.

J'ai remarqué que, dans ces fleurs, l'épaisseur du calice est plus grande (Pl. V) ; les cellules de l'épiderme externe sont beaucoup plus développées ; elles font saillie vers l'extérieur ; enfin la cuticule est bien plus épaisse.

Dans les échantillons uniflores ou biflores des hauts sommets, la très faible elongation du pédoncule fait que la fleur est protégée par la bractée. Celle-ci est plus épaisse qu'en plaine, et elle est formée de tissu palissadique.

Les différences de structure de cette bractée aux diverses altitudes correspondent à celles qui ont été décrites par Gaston Bonnier pour les feuilles de cette espèce.

Corolle. — En suivant la série des coupes depuis la base de la fleur, on remarque que l'étendard se forme d'une façon différente des autres pétales. Voici comment : entre le tube du calice et l'ovaire, on voit près de la base de la fleur une enveloppe annulaire unique qui se coupe en deux points ; les deux segments ainsi formés ont à peu près la forme de deux fers à cheval d'inégale grandeur. Le plus grand enveloppe presque complètement l'ovaire ; il donnera plus haut les neuf étamines soudées par leurs filets, les deux ailes et la

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. des sc. nat.*, 1895, p. 245).

carène. Le plus petit fer à cheval forme l'étendard et l'étamine séparée (Pl. V).

En examinant les coupes à la base des fleurs de montagne, on est frappé par une région portant de petits poils ; celle-ci est limitée par l'épiderme interne de l'étendard, l'étamine isolée et les deux bords du fer à cheval formé par les neuf étamines soudées. Ces poils sont longs et nombreux dans les fleurs des hautes altitudes ; vers 2 000 mètres, ils sont plus courts, bien moins serrés, et enfin, en plaine, on trouve simplement quelques papilles.

Dans les hautes altitudes, vers la base de la fleur, on remarque que toutes les parties de la corolle sont bien plus denses, les cellules sont plus petites et ne laissent pas de méats entre elles ; l'épaisseur des deux parties de la carène, des ailes, mais surtout de l'étendard, est plus grande.

Vers le haut de la fleur, non encore épanouie, on trouve encore dans les fleurs de montagne des papilles épidermiques bien plus longues et bien plus serrées. Les fleurs de plaine ont des lacunes dans les tissus de la corolle.

Étamines. — Les filets sont plus courts dans les échantillons de montagne, surtout dans ceux des hautes altitudes ; dans ceux-ci, l'enveloppe en fer à cheval formée autour de l'ovaire par la soudure des neuf filets est plus épaisse.

C'est en plaine et jusqu'à 2 000 mètres que les cavités des sacs polliniques sont plus grandes et, dans les hautes altitudes, les parois de ces sacs sont plus épaisses.

Dans tous les échantillons étudiés, j'ai pu voir que la cloison qui sépare les deux sacs d'un même côté du connectif se résorbe avant la déhiscence de l'anthère.

Il semble que les neuf étamines qui ont leurs filets soudés soient identiques ; j'ai déjà fait remarquer que deux d'entre elles (celles qui sont au bord de l'enveloppe) portent des poils vers la base de la fleur. Dans mes coupes, j'ai été frappée de voir que, sur les étamines, il y en a cinq qui ont leur filet un peu plus court. J'ai pu faire cette remarque dans les échantillons des hautes altitudes (Pl. V M'). Vers la base des anthères, on trouve des coupes rappelant celles des Géraniacées

par exemple ; cinq étamines sont coupées dans leur filet et les cinq autres dans l'anthère.

Les grains de pollen sont blanchâtres, presque sphériques ; ils ont 32 μ de diamètre. Dans les anthères des hautes altitudes, souvent ces grains restent agglomérés entre eux et semblent ne pas mûrir. La déhiscence de l'anthère se produit à l'intérieur du bouton floral.

Pistil. — C'est dans les fleurs des altitudes moyennes que les ovules sont le plus gros. En haute montagne, ils sont plus petits qu'en plaine ; là, jamais le *Lotus corniculatus* ne peut se reproduire par graines ; celles-ci n'arrivent pas à leur maturité. Cependant, il est très curieux de remarquer qu'autour de ces petits ovules les tissus de l'ovaire sont plus épais et plus denses.

Hippocrepis comosa L.

En plaine, cette espèce mesure de 10 à 30 centimètres de hauteur ; elle est herbacée, ses fleurs groupées par cinq à douze en des sortes d'ombelles, sont jaunes, et l'étendard est strié de brun ; la floraison est toujours printanière ; elle a lieu d'avril à juin.

En montagne, vers 2 000 mètres, la taille de cette plante n'est plus que de 7 à 15 centimètres ; les tiges deviennent ligneuses vers la base, et cette espèce devient alors la variété *alpina* de Rouy. Les inflorescences n'ont plus que deux à six fleurs, et la coloration des fleurs est d'un jaune plus intense ; la floraison se produit pendant les mois de juillet et d'août.

Cette espèce peut s'élever jusqu'à 2 500 mètres, altitude à laquelle les inflorescences ne comportent plus que une ou deux fleurs et la plante reste plus petite et se lignifie davantage.

Les échantillons que j'ai récoltés viennent de La Boulaye (Saône-et-Loire), à 300 mètres, et de Prime-Messe, près du col du Lautaret, à 1 900 mètres.

Pédoncule et tige florifère. — Le pédoncule qui supporte chaque fleur d'une inflorescence est très court en plaine ; en montagne, il est presque nul. J'ai étudié des coupes pratiquées dans la tige florifère, un peu au-dessous du point d'in-

sersion des petits pédoncules, et j'ai pu noter les caractères différenciels suivants : en plaine, la section de cette tige est arrondie ; en montagne, elle montre six à huit côtes très marquées qui correspondent aux faisceaux libéro-ligneux. Cette tige est recouverte de poils pluricellulaires qui sont plus nombreux dans l'échantillon de montagne ; dans ce dernier, on remarque encore que l'épiderme a une cuticule plus épaisse et que les cellules de cet épiderme sont allongées radialement. Les parenchymes cortical et médullaire sont constitués par des cellules un peu plus petites et laissant entre elles des méats beaucoup plus petits. Enfin, les vaisseaux du bois ont des parois plus épaisses, et la lumière est plus étroite.

Calice. — Dans l'échantillon de montagne, le tube et les dents du calice sont une fois et demie à deux fois plus épais ; la cuticule des épidermes et surtout celle de l'épiderme externe est bien plus développée ; enfin le parenchyme est plus dense.

Corolle. — On trouve dans les pétales les mêmes différences d'épaisseur que dans le calice, mais c'est surtout vers la base du bouton que ces différences sont accentuées.

Étamines. — Lorsque les neuf filets sont soudés entre eux, ils forment un anneau fermé par le filet de l'étamine isolé. Dans des coupes pratiquées à cette hauteur, on remarque que cet anneau est au moins deux fois plus épais dans la fleur de montagne. Au centre de ces coupes, on voit l'ovule qui se trouve ainsi mieux protégé dans la plante d'altitude supérieure. Dans celle-ci, on remarque encore que les filets d'étamine sont moins longs et que le pollen est plus abondant. Il est un peu plus coloré que dans l'échantillon de plaine.

A toute altitude, les grains sont ellipsoïdes et mesurent de 28 à 30 μ .

Pistil. — Les ovules sont une fois et demie plus gros dans le bouton floral de montagne.

***Onobrychys sativa* Lamk.**

Cette espèce subit des transformations importantes par la culture ; aussi ai-je choisi, pour les comparer entre eux, des boutons floraux de plantes croissant à l'état spontané. Les

coupes ont été faites dans des échantillons provenant des quatre stations suivantes : Villebon-Palaiseau (Seine-et-Oise), cirque de l'Arcelin (Savoie) 1 800 mètres, col du Lautaret (Hautes-Alpes) 2 400 mètres et Galibier (Hautes-Alpes) 2 600 mètres, cette dernière altitude représente, pour la France l'altitude extrême où le Sainfoin croît spontanément. Gaston Bonnier (1) indique 2 500 mètres comme limite de la végétation de cette espèce.

A Villebon, les tiges ont de 15 à 70 centimètres de hauteur; les grappes de fleurs sont très longues, et la floraison a lieu du mois de mai au mois d'août.

A l'Arcelin et au Lautaret, les tiges sont en général un peu moins hautes, les grappes de fleurs moins longues, plus serrées et d'une coloration plus vive; la floraison se produit en juillet et août.

Au sommet du Galibier, j'ai observé cette floraison au mois d'août; les tiges sont couchées à la base; elles n'ont plus que 8 à 25 centimètres de hauteur; les grappes sont très courtes; les fleurs un peu plus grandes et plus vivement colorées encore qu'au Lautaret. Donc, en haute altitude, l'*Onobrychis sativa* Lamk devient l'*Onobrychis montana* D. C.

De plus, la tige florifère, qui était presque glabre aux basses altitudes, se trouve, à cette altitude extrême de 2 600 mètres, couverte d'un très grand nombre de poils.

Pédoncule et tige florifère. — Le pédoncule, très court dans les échantillons de plaine, est encore plus réduit en montagne. L'assise sous-épidermique et quelques cellules de la moelle et du parenchyme cortical contiennent des composés phénoliques; ceux-ci sont bien plus abondants dans les échantillons de montagne.

On remarque encore que les entre-nœuds de la tige florifère sont d'autant plus courts que l'altitude à laquelle ont été récoltées les inflorescences est plus grande.

L'altitude favorise le développement des poils sur cette tige; ainsi, dans l'échantillon du Galibier, on observe de très nombreux poils; il y en a moins dans les plantes de l'Arcelin et du Lautaret et presque pas dans celles de Villebon.

(1) G. BONNIER, *Flore complète de France, Suisse et Belgique*, t. III, p. 86.

Calice. — Le tube du calice ne porte pas de poils dans les fleurs de plaine. Au contraire, en montagne, ce tube porte des poils extérieurement sur toute sa hauteur ; on en rencontre aussi intérieurement vers le sommet de ce tube.

Les dents du calice sont bien plus longues dans l'échantillon du Galibier, et elles portent beaucoup plus de poils en montagne qu'en plaine.

Il faut encore noter que le tube et les dents du calice ont une épaisseur deux fois plus grande dans l'échantillon du Galibier que dans celui de Villebon.

A l'altitude supérieure, on remarque aussi l'allongement radial des cellules de l'épiderme externe, le développement bien plus grand de la cuticule et la saillie bien plus accentuée sur la face externe du tube du calice des faisceaux libéro-ligneux.

Corolle. — J'ai déjà signalé la coloration plus vive des pétales en altitude. Il faut encore remarquer, dans les échantillons de montagne, l'épaisseur un peu plus grande de la corolle, l'allongement radial de l'épiderme externe et la gouttière plus large et plus épaisse à la base de la carène.

Étamines et pistil. — En montagne, l'enveloppe que forment au pistil les filets soudés des neuf étamines et le filet de la dixième est un peu plus épaisse ; les filets sont moins longs. Les ovules sont plus gros, et les parois de l'ovaire sont recouvertes extérieurement de poils bien plus nombreux.

Tissu nectarifère. — Les fleurs d'*Onobrychis sativa* sont très mellifères ; elles sont visitées par les Abeilles et fournissent beaucoup de miel. Elles n'ont pas d'anneau nectarifère, mais la région qui produit le nectar, entre les étamines et les carpelles, est très étendue et forme des tissus nectarifères profonds (1). Ceux-ci sont d'autant plus développés qu'on s'adresse à des fleurs croissant à une altitude plus élevée.

***Galium Mollugo* L.**

La taille de cette espèce est très variable, de 10 centimètres à 1^m,50 ; dans une même station, on rencontre fré-

(1) G. BONNIER, *Flore complète de la France, Suisse et Belgique*, t. III, p. 86.

quemment des pieds qui sont trois et même quatre fois plus grands que les plus petits. En plaine, les inflorescences sont de longues grappes très ramifiées, à fleurs nombreuses ; en montagne, les grappes sont courtes et bien plus serrées ; la plante tout entière est de dimensions bien plus petites, et le nombre des fleurs est bien moins grand.

Contrairement à ce qui se passe pour les Papilionacées que nous venons d'examiner, le genre *Galium* ne croît pas volontiers en dehors des endroits où il se développe naturellement (1). Mais, si on ne craint pas pour la récolte des échantillons à comparer entre eux de s'adresser à des plantes modifiées par la culture, il faut vérifier si les plantes récoltées se rapportent bien au type principal, car, en plus des trois sous-espèces décrites, il existe plusieurs hybrides de cette espèce et des sous-espèces avec le *Galium verum*.

Le *Galium Mollugo* ne s'élève pas très haut dans la montagne ; on ne le trouve pas dans la zone alpine. Les échantillons que j'ai étudiés viennent de La Boulaye (Saône-et-Loire) et des Contamines (Haute-Savoie), à 1 200 mètres.

Bractées. — Les bractées, qui sont placées dans les inflorescences, aux points où celles-ci se ramifient, présentent des différences intéressantes suivant l'altitude. En montagne, on remarque, en plus de l'allongement radial des épidermes et du plus grand développement de la cuticule, une assise sous-épidermique ayant nettement le caractère palissadique. En plaine, cette assise est formée de cellules isodiamétriques. Ces bractées sont d'un vert plus sombre en montagne ; cette coloration provient d'une grande abondance de chromoplastes dans l'assise palissadique. Enfin l'épaisseur des bractées est plus grande dans l'échantillon de montagne.

Pédoncule. — Les quatre angles de ce pédoncule sont très saillants, en plaine comme en montagne ; mais, dans ce dernier cas, on trouve moins de collenchyme dans ces angles, il y a un plus grand nombre d'assises de parenchyme cortical ; les vaisseaux du bois se trouvent ainsi plus près de l'axe du pédoncule et plus protégés. La moelle est formée de cellules

(1) G. BONNIER, *Flore complète de la France, Suisse et Belgique*, t. V, p. 32.

plus petites et à parois plus épaisses. Tous les tissus de ce pédoncule sont plus denses que ceux du pédoncule de plaine.

Coupe longitudinale. — Cette coupe montre la forme des étamines, l'insertion des anthères sur le filet n'est pas basilaire mais dorsale ; elle se fait à peu près vers le milieu de l'anthère. Entre la base des filets et la base des styles, on observe un anneau nectarifère qui est plus développé dans l'échantillon de montagne. Dans celui-ci, on remarque encore que les styles sont un peu plus gros et plus courts et que les stigmates portent des papilles plus longues.

Enfin l'étude comparée de ces coupes longitudinales et celle des diagrammes obtenus par des coupes transversales montrent qu'en montagne les pièces de la corolle sont un peu plus épaisses. En général, il y a quatre assises de parenchyme entre les deux épidermes, tandis qu'on n'en trouve que trois dans la fleur de plaine. Dans cette dernière, vers le sommet du bouton, on voit que les papilles sont plus larges et moins longues.

Galium verum L.

Cette espèce croît à une altitude supérieure à celle de l'espèce précédente. La longueur des tiges offre encore plus de différence que pour le *Galium Mollugo*, suivant les pieds considérés et les altitudes. On trouve de petites plantes qui n'ont que 3 ou 4 centimètres de hauteur et portent très peu de fleurs et de très grandes plantes qui ont jusqu'à 1 mètre.

Les échantillons que j'ai étudiés viennent de La Boulaye (Saône-et-Loire), du Bochor (Savoie), massif de la Vanoise, à 2 200 mètres, et des Hautes-Pyrénées, sur la montée du Pic du Midi, à 2 400 mètres.

Les modifications produites par l'altitude sont analogues à celles qui ont été signalées pour le *Galium Mollugo* ; cependant, elles sont encore plus accentuées parce que la différence d'altitude est deux fois plus grande.

En particulier, les pétales sont bien plus épais. De plus, en face des faisceaux libéro-ligneux, sur la face interne de ces pétales, on trouve de petites dépressions dans lesquelles

sont des poils en massue. Ceux-ci, en montagne, sont toujours plus nombreux.

Le pédoncule aussi porte des poils en plus grande abondance dans l'échantillon de montagne.

Dans cette espèce, les deux styles sont plus courts que dans la *Galium Mollugo* ; ils sont soudés sur plus de la moitié de leur longueur. Les papilles du stigmate sont bien plus développées en montagne.

Tragopogon pratensis L.

Var. *orientalis* (*T. orientalis* L.).

Les échantillons de plaine ont été recueillis à La Boulaye (Saône-et-Loire), à 260 mètres d'altitude. Ceux de montagne viennent de Prime-Messe, près du col du Lautaret, à 1 900 mètres d'altitude.

En plaine, le *Tragopogon pratensis* fleurit en mai et en juin ; dans la région du Lautaret, la floraison n'a lieu qu'au mois d'août.

A toute altitude, les capitules présentent de grandes différences de taille suivant les échantillons choisis ; mais il semble que, chez cette espèce, le diamètre des capitules et le nombre des fleurons qui les composent ne sont pas influencés par les variations de l'altitude.

La hauteur totale de la plante, très différente aussi d'un pied à l'autre, est cependant nettement plus petite en montagne.

Pédoncule. — Les deux pédoncules des capitules comparés ont sensiblement le même diamètre. Une coupe pratiquée à un centimètre au-dessous du réceptacle du capitule montre des différences très marquées dans les deux pédoncules étudiés. Le pédoncule de la fleur de montagne présente un épiderme avec une forte cuticule ; en dedans de cet épiderme, on trouve cinq à six assises de tissu collenchymateux ; le pédoncule de la fleur de plaine n'offre qu'une faible cuticule à l'assise épidermique et ne présente pas de trace de collenchyme. Il semble que

cette couche de tissu collenchymateux doit jouer un rôle protecteur dans le pédoncule de la fleur montagnarde.

Le nombre et la disposition des faisceaux libéro-ligneux sont les mêmes dans les deux cas : seize grands faisceaux alternant régulièrement avec seize faisceaux plus petits. Tous ces faisceaux sont disposés sur la même circonférence. Mais, si l'on étudie avec un plus fort grossissement les éléments conducteurs de ces deux pédoncules, on observe que les parois des vaisseaux du bois sont plus épaisses et que leur diamètre est plus petit dans la plante de montagne.

Il en est de même de toutes les cellules du pédoncule ; en général, le diamètre des cellules de l'échantillon de montagne est sensiblement plus petit que celui des cellules correspondantes de la plante de plaine. On observe aussi que les cellules du pédoncule de montagne ont des parois plus épaisses, que ces cellules laissent rarement entre elles des méats ; en plaine, au contraire, on en trouve très souvent.

Enfin la moelle est un peu moins lacuneuse dans le pédoncule de montagne.

Bractées du capitule. — Dans les fleurs de Prime-Messe, on trouve des bractées beaucoup plus épaisses (de deux à trois fois). L'épiderme externe présente une cuticule bien plus développée, tandis que la cuticule de l'épiderme interne est à peine plus épaisse que dans l'échantillon de plaine. Les poils de l'épiderme externe sont plus nombreux et plus gros en montagne. Le mésophylle y est très compact ; on n'y rencontre pas de lacunes. Au contraire, dans les bractées du capitule de plaine, on trouve de larges lacunes sous l'épiderme interne.

Fleurons périphériques. — Parmi toutes les coupes en séries faites dans ces capitules, j'examinerai, d'une part, les fleurons périphériques et, d'autre part, les fleurons centraux, les modifications dues à l'altitude étant différentes dans ces deux régions du capitule (Pl. VI).

Étudions d'abord les fleurons périphériques depuis la base de ces fleurons, c'est-à-dire depuis le réceptacle, jusqu'à leur sommet. Les coupes transversales les plus intéressantes à examiner sont celles qui passent dans la région

moyenne de l'ovaire et vers le milieu de la hauteur du sac pollinique. Dans la première de ces coupes, on remarque que les ovules sont en moyenne environ une fois et demie plus gros qu'en montagne. Dans cette région, l'ovaire est entouré par une seule enveloppe florale formée par la languette encore soudée aux étamines faisant un anneau continu où l'on rencontre onze faisceaux libéro-ligneux placés sur deux circonférences concentriques.

En face de chaque faisceau libéro-ligneux d'une étamine se trouve un faisceau libéro-ligneux de la corolle (fig. 21 et 22), sauf pour l'étamine située le plus près du centre du capitule;

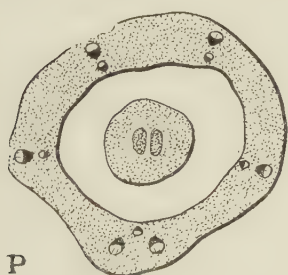


Fig. 21.

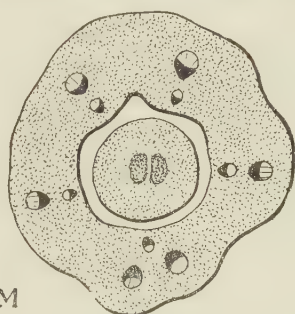


Fig. 22.

Tragopogon pratensis. — Région moyenne de l'ovaire.

de part et d'autre du faisceau correspondant à cette étamine, on trouve, sur la circonférence des faisceaux de la corolle, deux faisceaux. Dans une coupe faite un peu plus haut, on observe qu'une fente se fait entre ces deux faisceaux, qui seront placés près des bords de la languette. En même temps que cette fente se produit, les filets des étamines se détachent de la corolle et se séparent les uns des autres.

En comparant l'épaisseur de l'anneau continu enveloppant l'ovaire et décrit plus haut, on observe qu'il est de deux à trois fois plus développé dans le capitule de montagne.

Cette plus grande épaisseur de l'enveloppe florale s'observe encore en examinant des coupes effectuées plus haut dans le capitule; une coupe pratiquée vers le milieu du sac pollinique montre que la corolle d'une fleur périphérique de

montagne (languette) est environ deux fois plus épaisse. Dans cette fleur de montagne, les cellules des deux épidermes sont fortement cutinisées et allongées dans le sens radial.

Elles sont à peu près deux fois plus hautes que larges ; les parois sont épaisses et terminées vers l'extérieur par une éminence saillante destinée à devenir une papille au moment de l'épanouissement du capitule. Dans l'échantillon de plaine, ces cellules épidermiques sont à peu près isodiamétriques, à peine un peu allongées dans le sens radial ; les parois cellulaires sont plus minces et les éminences papillaires bien moins saillantes.

Les sacs polliniques sont un peu plus larges en montagne ; mais le diamètre des grains de pollen est le même.

Les stigmates ont sensiblement la même dimension en plaine et en montagne ; toutefois, leur anatomie présente quelques différences. Ils sont beaucoup plus velus en montagne, surtout sur leur face interne. Les poils qui recouvrent ces stigmates sont plus longs et plus serrés aux hautes altitudes et leurs pointes sont bien plus aiguës. Il faut encore noter qu'en montagne la distance qui sépare les deux stigmates est plus grande.

J'ai rencontré une anomalie dans un fleuron périphérique de La Boulaye ; il ne présente que quatre étamines.

La cloison qui sépare chaque loge de l'anthère en deux sacs polliniques se résorbe de bonne heure dans les jeunes capitules, et l'on n'en trouve plus de traces vers la moitié de la hauteur de l'anthère ; mais, un peu plus bas, cette cloison apparaît, imparfaite d'abord, puis complète vers la base de l'anthère. Vers la moitié de la hauteur des sacs polliniques, on voit que chaque anthère est constituée par deux loges non cloisonnées et réunies par le connectif. L'ouverture de ces loges se produit très tôt ; bien avant l'épanouissement du capitule, on observe la déhiscence de ces loges. Les étamines étant soudées par les anthères, l'ouverture des loges fait communiquer chacune d'elles avec sa voisine, et le diagramme montre cinq cavités présentant sur partie médiane un petit étranglement qui corres-

P
de
ve
sem
Tout
ture
voisine
vers les

pond à la soudure de deux étamines. Ces cavités sont réunies par les connectifs des étamines (Pl. VI).

Structure des fleurons centraux. — Dans une coupe transversale faite vers la base de ces fleurons centraux, on observe, comme dans les fleurons périphériques, que les ovules, en montagne, sont toujours plus gros. Mais, dans les fleurons centraux, déjà protégés par les fleurons périphériques, la corolle a sensiblement la même épaisseur en plaine et en montagne.

Une coupe transversale faite vers le milieu de la hauteur des sacs polliniques montre que là encore la corolle a la même épaisseur dans l'échantillon de plaine et dans celui de montagne (Pl. VI).

Une coupe longitudinale dans ces fleurons centraux fait voir qu'il y a de petits poils fins situés sous le bourrelet qui remplace le calice ; ces poils sont assez nombreux en montagne, tandis qu'ils sont extrêmement rares en plaine.

Enfin, cette coupe montre encore que les nectaires sont plus développés dans l'échantillon de Prime-Messe (1 900 m.) que dans l'échantillon de plaine. Ces nectaires sont constitués par un petit bourrelet à la base de l'ovaire.

On ne trouve pas de nectaires dans les fleurons périphériques.

Solidago Virga aurea L.

Cette plante, qui peut atteindre en plaine jusqu'à 1 mètre de hauteur, n'a plus en haute montagne que 6 à 10 centimètres. Les capitules sont disposés en grappes composées, entremêlées de feuilles et de bractées. A mesure que l'altitude augmente, on observe que le nombre des capitules diminue dans les grappes, qui sont beaucoup moins longues par le double fait de cette réduction du nombre des capitules et de la diminution de la longueur des entre-nœuds. Vers 2 000 mètres d'altitude, chaque grappe n'a plus que quatre à huit capitules. Dans ses cultures expérimentales, Gaston Bonnier a obtenu au Pic d'Arbizon (Hautes-Pyrénées),

à 2 400 mètres, des plantes ne portant plus que deux ou trois capitules (1). Toutefois, l'altitude n'agit pas sur le diamètre de ces capitules.

Les fleurs présentent un optimum de coloration vers 1 200 mètres, où elles sont d'un jaune orangé très intense. En plaine et en haute montagne, cette coloration est bien moins vive ; elle est généralement jaune d'or.

Les capitules de *Solidago Virga aurea* que j'ai étudiés viennent de La Boulaye à 260 mètres (Saône-et-Loire) ; du Lautaret (bois de la Madeleine, à 1 800 mètres) ; de l'Alp du Villars-d'Arène, à 2 100 mètres, et des Hautes-Pyrénées, dans la région du Pic du Midi de Bigorre, entre 1 800 et 2 000 mètres.

Pédoncule. — Le pédoncule qui supporte le capitule, un centimètre au-dessous de celui-ci, présente, avec l'altitude, les modifications suivantes : en montagne, la cuticule épidermique est plus développée ; les poils pluricellulaires formés par cette assise épidermique sont plus gros, plus longs et plus nombreux ; le parenchyme cortical présente deux ou trois assises de plus qu'en plaine, et la forme des cellules est toujours plus allongée radialement.

Tangentiellement, ces cellules ont un diamètre moindre que dans l'échantillon inférieur, et elles laissent entre elles, ainsi que les cellules de la moelle, bien moins de lacunes et des méats plus petits.

Bractées. — En montagne, les bractées sont d'un vert plus sombre ; elles sont plus épaisses et présentent pour la cuticule et pour les poils les mêmes différences que pour le pédoncule du capitule.

Dans les bractées et dans le pédoncule, on observe des canaux sécréteurs bien plus larges dans les échantillons de montagne.

Coupe longitudinale du capitule. — Dans cette coupe, on observe pour les fleurons périphériques les mêmes modifications que pour le *Tragopogon pratensis*. Mais, à cause du petit nombre de fleurons dans un capitule, les fleurons

(1) G. BONNIER, Cultures expérimentales (*Revue générale de Botanique*, 1890, . 539) ; Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. des sc. nat.*, 1895 p. 273).

centraux sont beaucoup moins protégés que dans le *Tragopogon*, et ils présentent des différences analogues à celles des fleurons périphériques, un peu moins accentuées.

Les fleurons sont un peu enfoncés à leur base dans la masse du réceptacle du capitule ; cet enfoncement est un peu plus grand pour les fleurons de montagne.

Dans ces fleurons, on observe aussi, entre les faisceaux libéro-ligneux, des canaux sécréteurs qui sont surtout visibles vers la base de ces fleurons, lorsque le verticille qui entoure l'ovule n'est pas encore partagé en corolle et étamines. Ces canaux sécréteurs sont bien plus larges en montagne, et les cellules sécrétrices bordantes ont un contenu cellulaire plus dense.

Enfin, en examinant les coupes transversales, j'ai pu relever quelques anomalies. Dans un capitule de La Boulaye, j'ai trouvé un fleuron central à deux ovules et à neuf étamines et un autre de ces fleurons à six étamines.

***Lampsana communis* L.**

Les fleurs de plaine ont été recueillies à Lille ; celles de montagne, aux Contamines, à 1 200 mètres d'altitude (Haute-Savoie).

Pédoncule. — L'épiderme du pédoncule de montagne présente une cuticule bien plus développée ; en dedans de cet épiderme, on observe, dans le pédoncule des Contamines, trois assises de collenchyme, tandis que, dans le pédoncule de Lille, on ne voit qu'une seule assise collenchymateuse. Le pédoncule du capitule est creux ; le canal qui le parcourt au centre est bien plus large dans l'échantillon de plaine.

Disposition et structure des bractées du réceptacle. — Les bractées du réceptacle sont au nombre de 8 (rarement 10) ; elles sont placées sur huit rayons faisant entre eux des angles de 45°.

Ces bractées ne sont pas placées sur deux rangs, comme le disent certains auteurs, mais elles ont une disposition spiralée sur trois tours de spire, chaque fleur faisant avec sa suivante un angle de $45^\circ \times 3 = 135^\circ$. Les fleurs qui

constituent le capitule continuent cette disposition spiralee; elles sont au nombre de 16 à 18 et placées sur six tours de spire, chaque fleur faisant avec la suivante le même angle de 135° . Les numéros (fig. 23) placés sur les bractées, *b*, et sur les fleurs, *f*, indiquent l'ordre d'enroulement des tours de spire. A cause de cette disposition spiralee, les bractées peuvent être classées de la manière suivante : trois bractées recouvrantes (1, 2, 3), deux bractées recouvrantes recouvertes (4, 5), trois bractées recouvertes (6, 7, 8).

Une coupe transversale faite à la base du capitule, dans

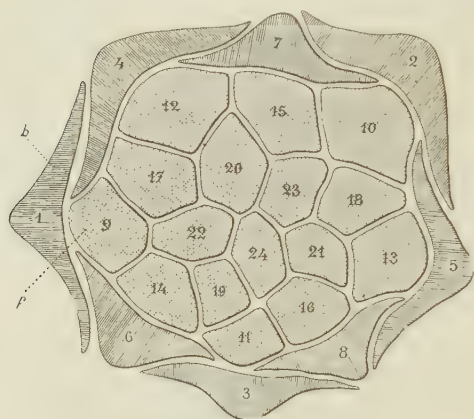


Fig. 23. — *Lampsana communis*.
Coupe au sommet d'un réceptacle.

le réceptacle, montre que celui-ci a une lacune centrale très large dans l'échantillon de plaine et beaucoup plus petite dans l'échantillon de montagne. Les faisceaux libéro-ligneux sont placés tout près de cette petite lacune dans le capitule des Contamines, tandis que, dans celui de Lille, ils sont placés à peu près

à égale distance de cette lacune et de l'épiderme. Dans ce capitule, la cuticule de l'épiderme est plus forte que dans l'échantillon de plaine.

Structure des fleurs. — Les fleurs ligulées qui composent ce capitule sont peu nombreuses (15 à 18) et présentent très peu de différence entre elles; je ne distinguerai donc pas, dans ce cas, les fleurs périphériques de celui des fleurs centrales.

Une coupe faite à peu près vers la moitié de la hauteur des ovules montre qu'en montagne ceux-ci sont plus développés, ainsi que les tissus de l'ovaire.

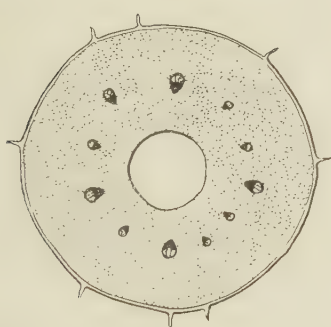
Une coupe faite plus haut permet de voir un développement un peu plus grand des poils unicellulaires placés à la base de la corolle; enfin une coupe faite vers le milieu des sacs polliniques montre que la ligule est plus épaisse

et les papilles plus développées dans la fleur de montagne. Cette fleur présente encore des stigmates plus velus que ceux de la fleur de plaine.

***Bellis perennis* L.**

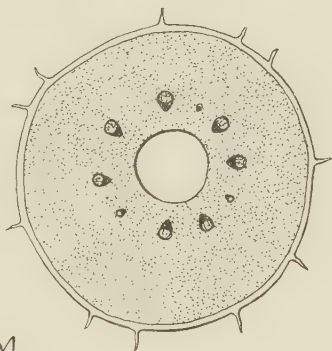
En plaine, chaque souche porte généralement plusieurs capitules. Dans les hautes altitudes, on ne trouve plus qu'un capitule par pied. Celui-ci est supporté par un pédoncule très réduit ; les feuilles de la rosette sont plus petites, plus épaisses, moins nombreuses et d'un vert plus foncé.

Les fleurs de plaine ont été cueillies à Villebon-Palaiseau



P

Fig. 24.



M

Fig. 25.

Bellis perennis. — Pédoncule.

(Seine-et-Oise) ; celles de montagne, à Pène-Blanco, à 2 000 mètres d'altitude (Hautes-Pyrénées).

Pédoncule. — Le pédoncule qui supporte un capitule de plaine (fig. 24) n'est recouvert que d'une faible cuticule ; les cellules épidermiques sont sensiblement isodiamétriques et les faisceaux libéro-ligneux placés à peu près à égale distance de la lacune centrale et de l'épiderme.

Dans l'échantillon des Hautes-Pyrénées (fig. 25), la cuticule est bien plus développée ; les cellules épidermiques sont allongées dans le sens radial et les faisceaux libéro-ligneux situés plus près de la lacune centrale ; ils sont donc protégés par un plus grand nombre d'assises cellulaires. La protection de tous les tissus du pédoncule est mieux assurée en montagne par les poils épidermiques pluricellulaires, qui sont plus longs

et plus nombreux. Il faut encore remarquer que tous les tissus de l'échantillon de montagne sont plus denses : les cellules sont plus petites, à parois plus épaisses, et les méats intercellulaires sont plus rares et plus petits. Cette dernière différence provient de la forme des cellules, qui est arrondie en général dans le pédoncule de la plante de plaine, tandis qu'en montagne la forme polyédrique domine.

Bractées de l'involucre. — L'involucre est constitué par des bractées inégales disposées sur deux rangs. En montagne



Fig. 26.



Fig. 27.

Bellis perennis. — Bractées.

(fig. 27), ces bractées sont bien plus épaisses, et elles portent, surtout dans la région de la nervure médiane, des poils plus nombreux et plus longs.

Pour la cuticule, la forme des cellules épidermiques et les dimensions cellulaires, on observe les mêmes modifications que pour le pédoncule.

Fleur périphérique. — Les fleurs périphériques sont formées, à la base, par un tube court qui s'ouvre un ou deux millimètres au-dessus de son point d'insertion sur le réceptacle pour donner une ligule trinervée. Ce tube basilaire est recouvert de poils plus nombreux dans la fleur de montagne. Des coupes transversales pratiquées à différentes hauteurs dans la languette montrent que celle-ci est, dans toute son étendue,

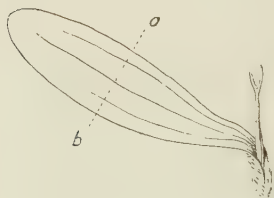


Fig. 28.

plus épaisse dans la fleur de montagne (fig. 29 et 30). Dans cette dernière, on remarque encore (fig. 31 et 32) que les épidermes sont constitués par des cellules plus allongées radialement et vers le haut du fleuron, terminées vers la partie extérieure par une pointe plus aiguë. Le bouton du capitule commençant à s'épanouir, ce sont les papilles que nous observons ici, et elles sont, comme dans bien d'autres cas déjà signalés, plus fines et plus longues dans les échantillons de montagne.

Fleur centrale. — Une coupe longitudinale montre (fig. 33) que ces fleurs sont constituées par un ovaire inséré directe-



Fig. 29.

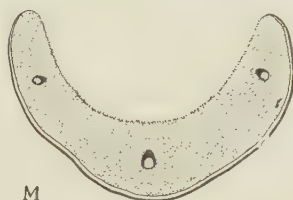
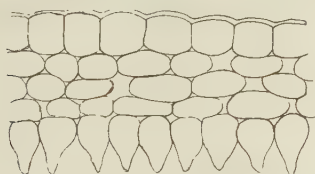


Fig. 30.

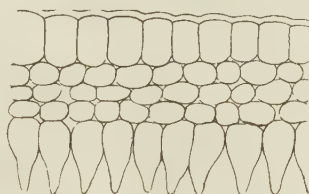
Bellis perennis. — Coupe transversale dans la ligule suivant *ab*.

ment sur le réceptacle. Au-dessus de l'ovule, l'ovaire se referme un peu, il donne au centre le style. Jusque-là, on ne



P

Fig. 31.



M

Fig. 32.

Bellis perennis. — Ligule d'une fleur périphérique.

trouve autour de l'ovaire qu'une seule enveloppe tubulaire.

A la base du style et à l'intérieur de cette enveloppe unique, on observe de très petites masses brunes, qui sont les nectaires. Un peu au-dessus de ceux-ci, l'enveloppe unique se partage, les étamines se séparent du tube de la corolle.

Une première coupe transversale faite en AB montre que les parois de l'ovaire sont un peu plus épaisses et l'ovule un peu plus gros en montagne. Dans une coupe faite en A'B', on remarque que l'enveloppe florale unique est un peu plus épaisse en montagne; le parenchyme y est assez dense et sans lacune, tandis que dans l'échantillon de plaine il est très lacuneux. Enfin, en montagne, les nectaires sont plus développés.

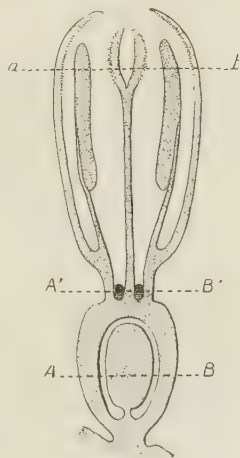


Fig. 33.

En examinant une coupe pratiquée en *ab*, on observe, vers les bords des dents de la corolle, des cellules papillaires qui sont plus développées dans la fleur de montagne ; on

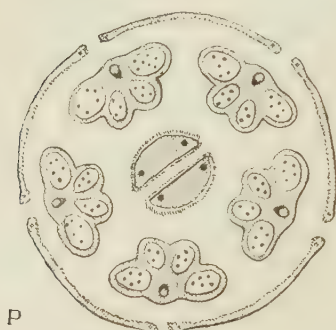


Fig. 34.

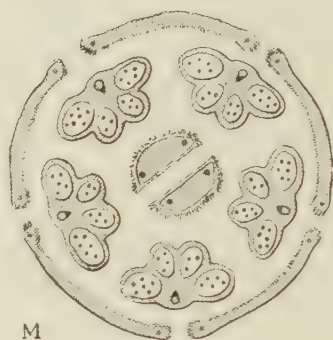


Fig. 35.

Bellis perennis. — Coupe dans une fleur centrale pratiquée suivant *ab*.

remarque encore que, dans celle-ci, les stigmates sont recouverts de papilles bien plus nombreuses et bien plus saillantes sur leur face externe; l'écartement des deux stigmates est un peu plus grand.

Les sacs polliniques et le pollen ne présentent pas de différence.

Hieracium Pilosella L.

Les échantillons étudiés proviennent de Fontainebleau, de Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire) et de l'Hôtel-lerie du Pic du Midi de Bigorre, à 2300 mètres d'altitude.

Pédoncule. — Ainsi que je l'ai déjà décrit (1), on retrouve dans ce pédoncule les caractères différentiels précédents : en montagne, forte cuticule, cellules épidermiques plus hautes que larges, petits méats intercellulaires ; en plaine, faible cuticule, cellules épidermiques isodiamétriques, grands méats intercellulaires et aussi quelques lacunes.

Les poils que l'on rencontre sur le pédoncule, les bractées de l'involucre et sur les feuilles sont bien plus gros en montagne. De plus, ces poils sont de deux sortes : les uns pluri-

(1) M. LARBAUD, Structures des fleurs de quelques plantes ubiquistes à diverses altitudes (*Annales de la Soc. Linnéenne de Lyon*, 1922).

cellulaires, à large base, les autres étoilés ; ces derniers sont plus fréquents en plaine, tandis que ce sont les poils pluricellulaires à large base qui sont plus abondants dans les échantillons de montagne.

Les faisceaux libéro-ligneux du pédoncule des bractées de l'involucre et du réceptacle ont, en altitude, une assise de sclérenchyme péricyclique qui n'existe pas dans la plante de plaine.

Réceptacle. — Le réceptacle, dans l'échantillon du Pic du Midi, présente sous l'épiderme deux ou trois assises palissadiques ; tous les tissus de ce réceptacle sont denses et n'offrent entre les cellules que quelques petits méats.

En plaine, il y a de grands méats et des lacunes, et les assises sous-épidermiques n'offrent pas le caractère palissadique.

Corolle. — Gaston Bonnier (1) a observé que la coloration des capitules est bien plus intense en montagne. Les coupes que j'ai pratiquées dans ces capitules ont montré que, pour tous les fleurons, les papilles épidermiques sont bien plus développées et le parenchyme bien plus dense dans les corolles de montagne. En plaine, on observe de larges lacunes entre les deux assises épidermiques.

Je n'ai pas trouvé de différence bien nette pour les étamines et le pistil.

***Achillea Millefolium* L.**

Cette espèce, qui présente à peu près les mêmes dimensions que l'*A. Ptarmica*, est plus commune que celle-ci et a une limite de végétation plus élevée. En effet, on peut la rencontrer jusqu'à 2 600 mètres. A cette altitude, les plantes sont de taille très petite ; elles n'ont souvent que 5 à 6 centimètres de hauteur ; les feuilles sont plus vertes, plus épaisses, plus petites et moins divisées. Le nombre des capitules est réduit et le diamètre de ceux-ci un peu plus petit. Gaston Bonnier a montré (2) les transformations causées par l'altitude sur

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. des sc. nat.*, 1895, p. 280).

(2) G. BONNIER, Cultures expérimentales. etc., p. 539, pl. 21) ; Adaptation des plantes, etc., p. 269 et pl. 9).

les fragments d'un même pied qu'il a cultivés en plaine et en montagne.

Comme pour l'*A. Ptarmica*, la période de floraison est à peu près la même à toute altitude. Les fleurs en languette des capitules sont blanches ou quelquefois roses. La sécheresse influe sur cette coloration ; pendant l'été sec de 1921 que j'ai passé au Lautaret, j'ai trouvé une proportion bien plus grande de fleurs roses. Cette coloration était très intense. Cette observation concorde avec toutes celles qui ont été faites jusque-là sur la plus forte pigmentation des végétaux au milieu sec (Molish, Eberhardt, Gain, etc.).

Les échantillons étudiés viennent de Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire), à 300 mètres d'altitude, de Notre-Dame-de-la-Gorge (Haute-Savoie), à 1200 mètres, et du Lautaret, à 2 100 mètres.

Pédoncule. — Le pédoncule d'un capitule de plaine présente une assise épidermique à cellules isodiamétriques recouverte extérieurement par une faible cuticule et portant quelques poils. A l'intérieur de cet épiderme, on trouve six ou sept assises de cellules arrondies laissant entre elles des lacunes et des méats ; les cinq faisceaux libéro-ligneux alternent avec cinq canaux sécréteurs de petite dimension, et la moelle est lacuneuse.

Dans l'échantillon d'altitude moyenne, la cuticule est un peu plus forte ; les cellules ont un diamètre un peu plus petit et des parois plus épaisses. Les canaux sécréteurs sont plus larges ; la moelle n'est pas lacuneuse, mais les cellules qui la constituent laissent entre elles des méats.

Enfin, dans le pédoncule du capitule de l'échantillon supérieur, ces caractères se trouvent encore accentués et, de plus, ces poils sont plus longs et plus nombreux que dans les deux cas précédents, où ils offraient un développement à peu près analogue.

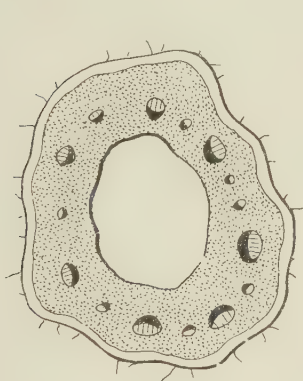
Fleurs périphériques. — Les fleurs en languette, dans l'échantillon du Lautaret, sont bien plus épaisses qu'en plaine ; elles ont des papilles plus longues et plus serrées ; les cellules du parenchyme sont un peu plus petites, et il y a un plus grand nombre d'assises cellulaires. Ce parenchyme est bien plus

dense. L'échantillon de Notre-Dame-de-la-Gorge offre des caractères intermédiaires entre ceux du Lautaret et de Saint-Romain.

Fleurs centrales. — Ces fleurs sont plus rapprochées dans le capitule de montagne. Pour les autres caractères, on observe les mêmes différences que pour l'A. *Ptarmica*.

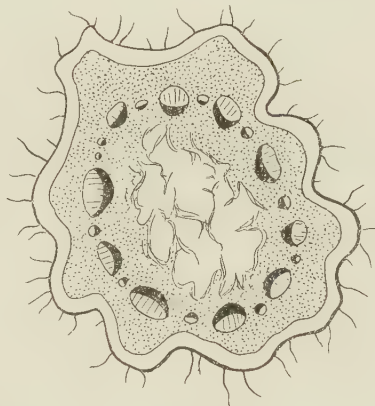
Achillea Ptarmica L.

La hauteur de cette plante varie de 15 centimètres à 1 mètre. Gaston Bonnier, dans sa *Flore complète de France, Suisse et Belgique*, indique 1 800 mètres comme altitude maximum, où cette espèce peut croître ; mais je l'ai récoltée



P

Fig. 36.



M

Fig. 37

Achillea Ptarmica. — Pédoncule.

au Lautaret, à 2 100 mètres, où elle se trouve en abondance.

E. Perrier de la Bathie (1) indique même que la variété *alpina* a été trouvée au Glacier du Miage.

La période de floraison est à peu près la même en plaine et en montagne. Au Lautaret, j'ai trouvé cette espèce fleurie depuis le 10 juillet jusqu'à la fin d'août. En plaine, c'est aussi pendant les mois de juillet et d'août que la floraison se produit.

(1) E. PERRIER DE LA BATHIE, *Catalogue raisonné des plantes vasculaires de la Savoie*, p. 387.

Les échantillons que j'ai étudiés viennent de Saint-Romain-sous-Versigny, à 300 mètres d'altitude, où je les ai récoltés dans un terrain humide, et du Lautaret, à 2 100 mètres, où j'ai cueilli ces échantillons pendant l'été très sec de 1921.

Pédoncule. — Dans une coupe du pédoncule qui porte le capitule, un centimètre au-dessous de celui-ci, on observe, en plaine (fig. 36), quelques poils épidermiques, une cuticule faible, un épiderme isodiamétrique, un parenchyme cortical très lacuneux, cinq faisceaux libéro-ligneux, cinq canaux sécréteurs et une large lacune centrale.

Dans l'échantillon de montagne (fig. 37), les poils sont plus longs et plus nombreux, la cuticule plus épaisse, les cellules épidermiques allongées radialement; le parenchyme cortical est plus dense et n'offre que quelques petits méats. Les canaux sécréteurs sont plus développés. Enfin, au lieu d'une lacune centrale, on trouve une moelle lacuneuse.

Bractées. — Les bractées de l'involucre sont beaucoup plus épaisses dans les capitules de montagne; elles sont constituées par des épidermes allongés radialement entre lesquels on trouve, du côté extérieur, deux ou trois assises palissadiques et, du côté interne, deux ou trois assises de sclérenchyme dans la région du faisceau libéro-ligneux médian et une assise dans les parties latérales de ces bractées. En plaine, le parenchyme se compose de quelques assises cellulaires très lacuneuses, à peine allongées dans le sens radial, et on ne trouve que quelques cellules de sclérenchyme du côté de l'épiderme interne.

Les bractées qui séparent les fleurs du capitule sont plus longues, plus épaisses et plus sclérifiées en montagne; elles ne présentent pas de lacunes comme en plaine et sont formées par un tissu très dense. Dans ces bractées, de chaque côté de la nervure médiane, on trouve des canaux sécréteurs, très développés en montagne et à peine visibles en plaine.

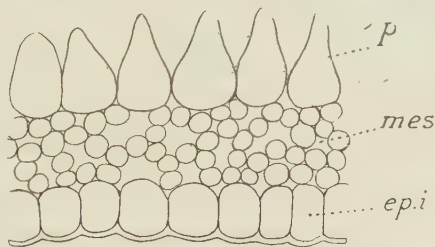
Fleurons périphériques. — En montagne, les papilles, *p.*, de la languette sont plus étroites, plus longues et plus serrées (fig. 38). Entre ces deux épidermes à papilles, on trouve un parenchyme qui a sensiblement la même épaisseur qu'en plaine, mais qui est constitué par des cellules plus petites, formant un tissu, *mes*, très serré, sans lacunes; on compte une assise cellulaire de plus.

En plaine, ce parenchyme présente de larges mailles lacuneuses (fig. 39).

Fleurons centraux. — En montagne, dans les fleurons les plus externes, le tube de la corolle est environ deux fois plus épais ; dans les fleurons qui sont placés vers le centre du réceptacle, la différence d'épaisseur est moindre. Les dents de cette corolle ont à peu près le même développement aux deux altitudes considérées ; mais, en montagne, les cellules des deux épidermes sont plus hautes et forment une dentelure plus accentuée, et le parenchyme de toutes les parties de la corolle est bien plus dense.

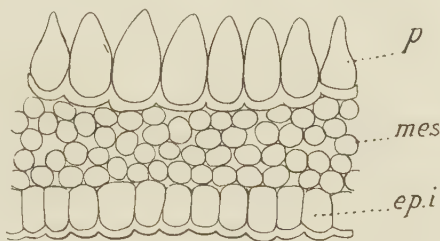
Dans les capitules de montagne, on remarque encore que les filets des étamines sont plus gros et plus courts ; le pollen est plus abondant ; les nectaires qui sont placés au-dessus de l'ovaire, à la base du style, sont bien plus gros. Les deux stigmates sont plus épais et leurs papilles sont plus développées. Au centre de chacun d'eux, on observe un large canal sécréteur, tandis qu'en plaine celui-ci se distingue à peine. Enfin l'ovule est plus gros dans l'échantillon de montagne.

Les conditions hygrométriques des échantillons récoltés ont donné des différences anatomiques bien plus considérables que dans les autres espèces. En effet, j'ai noté, au début de l'étude de cette espèce, que les échantillons de plaine viennent d'un terrain humide et que ceux de montagne ont été récoltés pendant un été très sec. Aussi, parmi toutes les comparaisons faites, c'est ici que j'ai rencontré les différences



P

Fig. 38. — *Achillea Ptarmica*.
Fleuron périphérique de plaine. Languette.



M

Fig. 39. — *Achillea Ptarmica*.
Fleuron périphérique de montagne. Languette.

les plus marquées pour la densité des parenchymes; on trouve de grandes lacunes dans l'échantillon de plaine, tandis que, dans celui de montagne, on ne peut observer que quelques petits méats intercellulaires.

Enfin il y a une différence très accusée aussi dans le développement des canaux sécréteurs qui sont toujours plus larges, à cellules sécrétrices plus hautes, à contenu cellulaire plus dense dans l'échantillon d'altitude.

Taraxacum Dens-leonis Desf.

Cette espèce est peut-être la plus répandue de notre flore; elle croît sur tous les terrains, et on la rencontre à toutes les altitudes, jusqu'à la limite de la végétation phanérogamique. On l'a trouvée à 3 300 mètres d'altitude dans les Alpes. La plante est toujours acaule; au-dessus de la rosette de feuilles, s'élève le pédoncule qui supporte l'inflorescence. La longueur de ce pédoncule, pour des échantillons normaux, et à floraison non hivernale, est toujours plus grande aux basses altitudes. Dans de nombreux échantillons que j'ai observés au Pic du Midi de Bigorre, à 2 860 mètres d'altitude, j'ai trouvé un pédoncule de quelques millimètres seulement et le capitule épanoui presque sur le sol au milieu de la rosette des feuilles. Ces feuilles, d'autre part, présentent à cette haute altitude un aspect tout à fait caractéristique: elles sont plus épaisses, beaucoup plus étroites, et les divisions ne peuvent pas, à cause de cette faible largeur, être très marquées.

Gaston Bonnier a remarqué (1) qu'en montagne les fleurs en langue présentent une faible différence de teinte avec celles de plaine.

Les échantillons que j'ai étudiés anatomiquement viennent de Villebon-Palaiseau (Seine-et-Oise), de Saint-Romain-sous-Versigny (Saône-et-Loire), à 300 mètres; du bois de la Madeleine un peu au-dessus du col de Lautaret, à 1 800 mètres; de la croix voisinant le Col du Grand Lautaret, à 2 100 mètres, et du Pic du Midi de Bigorre, à 2 860 mètres.

Pédoncule. — La cuticule est plus épaisse dans les échan-

(1) G. BONNIER, Adaptation des plantes au climat alpin (*Ann. des sc. nat.*, p. 279).

tillon du Lautaret que dans ceux de plaine ; l'épaisseur de cette cuticule est encore plus grande dans l'échantillon du Pic du Midi, et on remarque aussi dans celui-ci des stomates plus nombreux.

Les cellules ont un diamètre un peu plus petit, et les méats intercellulaires sont plus réduits en haute montagne.

Bractées. — Les bractées du capitule sont à peu près deux fois plus épaisses au Lautaret et au Pic du Midi. Pour la cuticule, le diamètre des cellules et les méats, les différences sont les mêmes que pour le pédoncule. De plus, du côté de l'épiderme interne, on trouve, dans le parenchyme, des lacunes qui sont bien plus grandes en plaine.

Fleurs. — Les fleurs sont placées sur le réceptacle et ne sont pas séparées les unes des autres par des poils ou des bractées. La base de ces fleurs est formée par l'ovaire renfermant l'ovule.

Dans les échantillons de montagne, les parois de l'ovaire sont un peu plus épaisses, et elles portent extérieurement vers le tiers inférieur un revêtement de petits poils unicellulaires, comme de fines papilles, qu'on ne trouve pas en plaine (Pl. VIII). Dans le tiers supérieur de cet ovaire, on remarque toute une série de petits bourrelets qui sont bien plus saillants dans les échantillons de montagne; enfin, dans ces derniers, les ovules sont une fois et demie à deux fois plus gros qu'en plaine (Pl. VII).

Au-dessus de l'ovule, l'ovaire se referme, forme une colonne au sommet de laquelle on trouve : tout autour des poils qui remplacent le calice, le tube de la corolle, les cinq filets des étamines et le style. La base de ce dernier est constituée par du tissu nectarifère ; celui-ci se développe autour de la base du style et forme un anneau.

En montagne, les poils du calice sont plus gros et plus nombreux ; la corolle est un peu plus épaisse, et surtout elle est plus dense ; les papilles épidermiques sont plus saillantes ; les nectaires sont plus développés et le pollen plus abondant. Les nectaires sont bien plus gros (Pl. VIII).

Campanula Trachelium L.

En plaine, cette espèce peut atteindre de 40 centimètres à 1 mètre de hauteur ; les fleurs sont groupées en longues grappes feuillées multiflores, et la floraison se produit de juin à septembre.

On peut trouver cette plante jusqu'à 2 000 mètres d'altitude ; alors sa taille est bien plus petite ; elle mesure de 25 à 50 centimètres ; les inflorescences sont bien plus courtes, les fleurs plus rapprochées, en moins grand nombre, et les feuilles qui poussent entre elles sont plus épaisses, plus rugueuses et d'un vert plus sombre. A cette altitude, la floraison se produit de la fin juillet à la fin d'août.

Les échantillons étudiés viennent de La Boulaye (Saône-et-Loire) à 260 mètres d'altitude ; des Contamines (Haute-Savoie), à 1 200 mètres, et de Villars-d'Arène, à 1 900 mètres.

Pédoncule. — Le diamètre du pédoncule est un peu plus grand à la station intermédiaire ; dans l'échantillon supérieur, il est plus petit qu'en plaine.

A 1 900 mètres, l'épiderme est formé de cellules allongées radialement et recouvertes d'une forte cuticule ; le cylindre cortical se compose de quatre à cinq assises de parenchyme dense ; l'assise sous-épidermique a ses parois épaissies et les autres assises sont formées de cellules ne laissant pas de méats entre elles. Les vaisseaux du bois ont des parois très épaisses ; la moelle est très réduite, les parois cellulaires sont plus fortes que dans les autres échantillons.

En plaine, les cellules épidermiques sont isodiamétriques et à faible cuticule ; le cylindre cortical présente une ou deux assises de parenchyme de plus ; on trouve de grands méats intercellulaires dans ce parenchyme ainsi que dans la moelle. Celle-ci est beaucoup plus développée qu'en montagne, et les cellules sont plus grandes.

A 1 200 mètres, l'épiderme est un peu allongé radialement, le cylindre cortical bien plus développé qu'en haute altitude et un peu plus qu'en plaine, mais la moelle présente un développement et des caractères intermédiaires entre ceux de plaine et de haute montagne.

Calice. — C'est aussi dans l'échantillon de 1 200 mètres que le calice présente la plus grande épaisseur. A 2 000 mètres, l'épiderme porte des poils plus longs et plus nombreux, le parenchyme est formé de cellules plus petites et à parois plus épaisses.

Corolle. — La coloration de la corolle est bien plus foncée dans l'échantillon supérieur et, dans celui-ci, les deux épidermes sont très allongés radialement. C'est encore la fleur

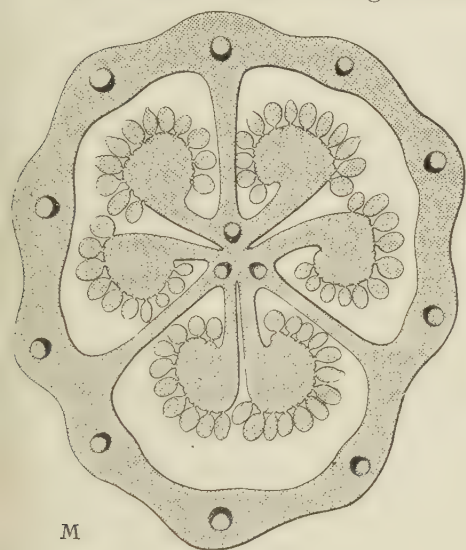


Fig. 40.
Campanula Trachelium. — Coupe au milieu de l'ovaire.

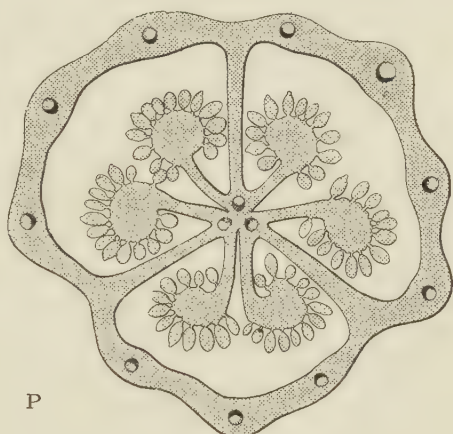


Fig. 41.

de 1 200 mètres qui présente la corolle la plus épaisse.

Étamines. — La longueur du filet est très petite ; elle est encore plus réduite dans l'échantillon de l'altitude supérieure où les sacs polliniques descendent presque jusqu'au sommet de l'ovaire. Ceux-ci contiennent davantage de grains dans l'échantillon d'altitude moyenne.

Pistil. — Les parois de l'ovaire, les placentas et les ovules sont plus développés dans l'échantillon supérieur qu'en plaine, 260 mètres d'altitude. Mais la fleur d'altitude moyenne 1 200 mètres d'altitude a un ovaire et des ovules plus gros.

Au centre de la fleur, le style forme une colonnette creuse recouverte extérieurement, ainsi que les trois stigmates, d'un tissu très spongieux et de longs poils. C'est encore l'échantillon intermédiaire qui acquiert le plus grand développement.

Echium vulgare L.

En plaine, cet *Echium* mesure de 40 à 80 centimètres de hauteur ; il porte de nombreuses inflorescences en cymes scorpioïdes unilatérales dont l'ensemble forme une longue panicule oblongue et feuillée fleurissant de mai à août.

Cette espèce peut se rencontrer jusqu'à plus de 2 000 mètres d'altitude ; alors elle ne mesure plus que de 25 à 50 centimètres ; les cymes sont moins nombreuses, moins longues, et la floraison se produit en juillet et août.

Dans ses cultures expérimentales, Gaston Bonnier remarque que les pieds cultivés aux hautes altitudes ont des fleurs plus grandes et plus bleues et qu'elles portent plus de poils.

Les échantillons étudiés viennent de La Boulaye (Saône-et-Loire), à 300 mètres ; du Bochor, massif de la Vanoise (Savoie), à 2 000 mètres, et du Lautaret, à 2 100 mètres.

Pédoncule. — Les fleurs sont presque insérées directement sur le rameau qui porte l'inflorescence ; cependant on observe un tout petit étranglement à la base de la fleur avant son insertion. Des mesures faites dans cet étranglement donnent une dimension un peu plus grande pour les fleurs de montagne.

Des coupes dirigées suivant le plan d'enroulement de la cyme (Pl. IX) et passant par un plan médian des fleurs et du rameau qui les porte montrent les différences suivantes : en montagne les poils et les bractées sont beaucoup plus développés, le rameau a un diamètre plus grand, les épidermes sont plus allongés radialement, les tissus plus compacts, le cylindre cortical un peu plus épais, le trajet des faisceaux très sinueux tandis qu'il est à peu près rectiligne en plaine. Enfin, les fleurs sont plus rapprochées.

Calice et corolle. — En montagne, le calice est plus épais et porte des poils plus longs et plus serrés. Les dents du calice sont plus longues. La corolle a sensiblement la même épaisseur qu'en plaine, mais son épiderme externe porte davantage de poils, et le parenchyme est formé de cellules plus petites, plus cohérentes ; il y a en général une assise cellulaire de plus qu'en plaine.

Étamines. — Dans les fleurs des hautes altitudes, les filets sont plus courts et un peu plus gros. Le pollen semble aggloméré à l'intérieur des sacs polliniques, et les sacs sont un peu moins larges qu'en plaine.

Pistil. — Les ovules ont exactement le même diamètre, mais les parois de l'ovaire sont un peu plus épaisses et plus denses dans les fleurs de montagne ; dans celles-ci, on trouve que les papilles du stigmate sont plus serrées et plus longues.

Verbascum nigrum L.

En plaine, la tige robuste de cette plante mesure de 50 centimètre à 1 mètre de hauteur ; elle est recouverte d'un tomentum grisâtre épais ; les fleurs sont groupées en glomérules assez rapprochés formant de très longues grappes. Les pédoncules ont de 3 à 4 centimètres de longueur ; les fleurs sont jaunes et la gorge est violette. La floraison se produit de juillet à septembre.

On peut trouver cette plante à l'état spontané jusqu'à 2 000 mètres. A cette altitude, la tige n'a plus que 30 à 50 centimètres ; le tomentum qui la couvre est bien plus épais qu'en plaine ; les glomérules de fleurs sont plus rapprochés ; les grappes sont plus courtes et plus denses ; les pédoncules n'ont souvent que 1 à 2 centimètres de longueur ; les colorations jaune et violette de la fleur sont plus intenses, et la floraison n'a lieu, en général, qu'au mois d'août.

Les fleurs étudiées viennent de Lille et de Villars d'Arène (Hautes-Alpes), à 1 900 mètres.

Bractées. — Dans l'échantillon supérieur, les bractées qui enveloppent, à la base, les petites inflorescences en glomérules sont plus longues, plus épaisses et recouvertes d'une couche tomenteuse plus forte.

Pédoncule. — Ce pédoncule, ainsi que la tige, les feuilles et presque toute la plante, est recouvert de poils de deux sortes : les uns sont pluricellulaires, ramifiés, très fins et très longs : ils forment le tomentum gris blanchâtre ; les autres sont très courts et monocellulaires : ils sont formés par un tout petit pied surmonté d'une petite sphère à contenu

cellulaire très dense; ce sont des poils glandulaires.

Dans les plantes de montagne, le tomentum est plus épais et les poils glandulaires sont nombreux, tandis qu'ils sont très rares en plaine.

Le pédoncule de la fleur de 1 900 mètres est environ deux fois plus court et un tiers plus large. Ses cellules sont un peu plus petites et ne laissent pas de méats entre elles, comme cela a lieu dans les fleurs de plaine.

Calice et corolle. — Dans l'échantillon supérieur, le calice et la corolle sont une fois et demie à deux fois plus épais qu'en plaine, et ils portent des poils plus nombreux.

Étamines. — Les filets des étamines sont recouverts de poils violets très visibles à l'œil nu dans la fleur. Ces poils acquièrent un développement beaucoup plus grand, de trois à cinq fois, tant par leur dimension que par leur nombre dans l'échantillon de montagne. Dans celui-ci, les filets des étamines sont plus gros et plus courts qu'en plaine. Dans toutes les fleurs étudiées, on trouve un pollen très abondant.

Pistil. — L'ovaire est plus gros dans la fleur de montagne, ses parois sont plus développées et les ovules ont un diamètre un peu plus grand, mais ils sont moins nombreux qu'en plaine. Dans l'échantillon supérieur, on remarque encore que le style et le stigmate sont un peu plus gros et qu'ils portent des papilles beaucoup plus développées.

Salvia pratensis L.

Les plus grands échantillons de plaine de cette espèce mesurent 90 centimètres, mais on trouve des pieds qui n'ont que 30 à 40 centimètres. Cette plante est très velue; quelquefois ramifiée, mais le plus souvent simple. Les fleurs groupées par verticilles sont portées par des rameaux allongés et visqueux. La floraison se produit de mai à juillet.

Cette espèce se rencontre jusqu'à 2 000 mètres d'altitude; là, elle n'a plus que 25 à 50 centimètres; chaque pied ne porte très souvent qu'une seule grappe, celle-ci est moins longue qu'en montagne, les verticilles floraux sont plus rapprochés, les fleurs sont d'un bleu plus intense; la villosité de la plante

est plus grande. Les fleurs s'épanouissent en juillet.

M. P. Grélot (1) a étudié le système libéro-ligneux floral du *Salvia pratensis*, les variations de structure des faisceaux dans les formations secondaires et les modifications dues à la concrescence (corolle et pistil) et à la zygomorphie.

Les échantillons que j'ai étudiés viennent de Villebon-Palaiseau (Seine-et-Oise) et des prairies situées près du bois de la Madeleine, au Lautaret (Hautes-Alpes), à 1 900 mètres d'altitude.

Bractées. — Dans les inflorescences du Lautaret, les bractées sont plus longues, plus épaisses et plus velues.

Pédoncule. — Je désigne ici sous le nom de pédoncule le rameau qui supporte les verticilles floraux. Dans l'échantillon supérieur, les poils épidermiques sont beaucoup plus gros et plus nombreux ; le cylindre cortical a, en général, une assise cellulaire de plus ; le bois est bien plus développé et les parois des vaisseaux ligneux sont plus épaisses ; la moelle ne comporte que quelques cellules à fortes parois, tandis qu'en plaine elle est bien plus développée, formée de cellules plus grandes, à parois minces laissant entre elles des méats.

Nectaires. — A la base de l'ovaire, on trouve les nectaires qui forment quatre proéminences alternant avec les quatre saillies des carpelles ; ces nectaires, qui sont reliés entre eux par du tissu nectarifère, n'ont pas le même développement (2) ; le plus grand forme une languette qui s'élève presque aussi haut que les carpelles ; il reçoit trois faisceaux libéro-ligneux. Les trois autres proéminences nectarifères sont beaucoup moins développées et ne reçoivent chacune qu'un faisceau libéro-ligneux. Ces différentes parties qui sécrètent du nectar sont beaucoup plus importantes dans la fleur de montagne.

Calice. — Dans l'échantillon supérieur, le calice est un peu plus épais, il porte des poils plus longs et plus nombreux ; les cellules épidermiques ont une cuticule plus développée ; les treize nervures de ce calice sont un peu plus saillantes ;

(1) M. P. GRÉLOT, Recherches sur le système libéro-ligneux floral des Gamopétales bicarpellées (*Thèse de Paris*, 1898).

(2) G. BONNIER, *les Nectaires*.

leur parenchyme et les vaisseaux ligneux ont des parois plus épaisses. Entre ces nervures, on trouve, dans les fleurs de plaine, un tissu très lacuneux ; celui-ci, en montagne, ne présente que quelques méats intercellulaires.

Corolle. — Au point de vue des lacunes et des méats, la corolle présente, suivant l'altitude, les mêmes différences que le calice. De plus, les épidermes, et surtout l'épiderme externe, sont beaucoup plus allongés radialement, et les papilles sont plus longues et plus serrées vers le sommet du bouton floral. Sur la face externe de la corolle, on trouve des poils appliqués très fins qui sont plus abondants dans l'échantillon supérieur.

Étamines. — L'examen d'un certain nombre de fleurs de *Salvia pratensis* m'a montré de très grandes différences pour les étamines. J'ai trouvé le type décrit par les auteurs : deux étamines seulement, chaque anthère à une seule loge, et chaque filet portant une petite lame considérée comme la seconde loge de l'anthère, et fixée aussi à la corolle par un autre filet très court. Mais j'ai rencontré aussi des fleurs ayant deux anthères à deux loges et d'autres fleurs portant quatre étamines, chacune d'elles ayant des anthères à deux loges.

C'est dans les échantillons de plaine que j'ai rencontré ces anomalies. En montagne, les fleurs étudiées se rapportaient au type normal ; mais celles-ci offraient toujours des filets plus gros et plus courts et des loges plus larges que les fleurs de plaine.

Dans tous les échantillons, les deux sacs polliniques d'une même loge de l'anthère communiquent largement entre eux avant la déhiscence de l'étamine. Cette déhiscence se produit à l'intérieur du bouton floral, avant son épanouissement.

Pistil. — Les carpelles sont plus développés et les ovules bien plus gros dans la fleur de l'altitude supérieure.

Lilium Martagon L.

C'est surtout dans les bois et les prairies de montagnes que cette espèce se rencontre. Là, elle est très remarquable par sa grande taille ; vers 2 000 mètres, elle peut atteindre un

mètre de hauteur. C'est une des plus grandes plantes de cette altitude. Les pieds qui croissent en plaine à l'état spontané ne sont presque pas plus grands que ceux qui poussent à 2 000 mètres ; mais, par la culture, cette espèce peut acquérir un très grand développement. Nous n'étudions pas ici ces plantes cultivées. La floraison se produit en juin et juillet en plaine ; vers 2 000 mètres, elle se produit du 15 juillet au 15 août.

Au Lautaret, j'ai trouvé des inflorescences un peu plus petites que les autres, portant des fleurs d'un rose pâle et recouvertes d'un tomentum blanchâtre.

Pendant l'été de 1920, je n'ai pas pu rencontrer cette espèce fleurie dans la région des Contamines (Haute-Savoie), où elle se trouve pourtant en abondance d'habitude, surtout dans les bois d'Armancette, entre 1600 et 1800 mètres, près du chemin forestier qui conduit au glacier de Tré-la-Tête. Tous les pieds avaient été attaqués par un parasite et n'avaient donné aucune inflorescence cette année-là.

Les échantillons que j'ai étudiés viennent de La Boulaye (300 mètres d'altitude) et du Lautaret. Dans cette région, j'ai récolté des fleurs à 1 800 mètres et d'autres à 2 000 mètres. J'ai observé peu de différence dans l'anatomie de ces fleurs du Lautaret.

Pédoncule. — Le pédoncule a environ 3 millimètres de diamètre dans les différents échantillons étudiés. M^{me} Gatin a décrit (1) les trois zones de faisceaux que l'on rencontre dans ce pédoncule. L'assise épidermique se compose de cellules étroites fortement épaissies sur les faces externes et internes. Dans les échantillons du Lautaret, cet épaississement est plus considérable ; il y a un plus grand nombre de cellules épidermiques qui se prolongent en poils digitiformes ; les stomates sont plus nombreux, mais leurs cavités sont plus réduites ; les cellules stomatiques sont plus cutinisées. L'écorce, qui comprend sept à neuf assises, est formée de cellules un peu plus petites, mais à parois épaisses, et elles ne laissent pas de méats entre elles comme dans le pédoncule de plaine. On

(1) M^{me} V. GATIN, Recherches anatomiques sur le pédoncule et la fleur des Liliacées (*Thèse de Paris*, 1920).

observe les mêmes différences dans les cellules de la moelle. Les parois des vaisseaux ligneux sont plus épaisses.

Périanthe. — En montagne, les six pièces du périanthe sont un peu plus épaisses ; on y trouve moins de méats et de lacunes et plus de stomates. En face de la nervure médiane de chacune de ces pièces florales, on trouve, du côté du centre de la fleur, une sorte de gouttière (Pl. X). Celle-ci est bien plus profonde dans les fleurs du Lautaret, et elle porte, sur ses bords, des sortes de dentelures à papilles qu'on ne trouve pas dans les fleurs de plaine. En altitude, on remarque aussi vers le sommet de la fleur des papilles bien plus longues et plus nombreuses.

Étamines. — Les filets sont un peu plus courts et un peu plus gros dans l'échantillon supérieur. Dans celui-ci, le connectif est un peu plus développé, les sacs polliniques sont plus larges, la déhiscence plus précoce. Les deux sacs d'un même côté de l'anthere communiquent entre eux avant la déhiscence de l'étamine.

Pistil. — En montagne, les ovules ont un diamètre plus grand, et les parois de l'ovaire sont plus épaisses. Le style et les stigmates sont plus gros et la cavité qui se trouve au centre du style a un diamètre supérieur à celui de plaine.

QUATRIÈME PARTIE

CONCLUSIONS

Voici les conclusions générales qui se déduisent de l'ensemble des recherches précédentes. Je diviserai ce résumé en trois parties, et j'exposerai les modifications causées par l'altitude :

- I. Dans la date et dans la durée de la floraison;
- II. Dans la morphologie externe de la fleur;
- III. Dans l'anatomie des différentes pièces florales.

I. — Floraison.

Toutes les plantes à floraison vernale en plaine fleurissent deux, trois ou même quatre mois plus tard en montagne. La date de floraison est d'autant plus retardée que l'altitude considérée est plus élevée et que la station est plus exposée.

Les différences d'exposition jouent aussi un rôle important dans la date de la floraison. Ainsi on trouve des plantes à l'altitude de 2 877 mètres, tout au sommet du Pic du Midi, près de la table d'orientation ; d'autres de la même espèce sont à une trentaine de mètres plus bas et plus abritées. Les premières fleurissent deux et même trois semaines plus tard que les secondes.

Ce n'est pas une différence d'altitude de moins de 30 mètres qui peut produire un tel retard dans la floraison. La cause véritable, c'est que les parties des montagnes qui forment tout à fait leur sommet sont beaucoup plus exposées aux vents, aux grandes différences de température se produisant pendant la nuit et à tous les agents atmosphériques. L'érosion que subissent ces sommets est la traduction de ces

actions plus violentes. Les plantes qui réussissent à croître sur ces parties très exposées ont toujours une floraison plus tardive que celles qui poussent à la même altitude, mais sur des pentes montagneuses plus ou moins abritées.

Entre le flanc nord et le flanc sud d'une montagne, on trouve, à une même altitude, une différence de floraison de deux à trois semaines.

M. le professeur Costantin a bien voulu me communiquer une observation qu'il fit en août 1922, trouvant à 1 800 mètres d'altitude sur le flanc nord du Ruitor (vallée d'Aoste) des *Lis Martagon* encore en bouton, tandis qu'à la même altitude, sur le flanc sud, la floraison était achevée.

Pour les plantes qui fleurissent en plaine au mois de juin et de juillet, la date de floraison est peu différente en montagne. Vers 2 000 mètres, par exemple, cette floraison se produit en général seulement quinze jours ou trois semaines plus tard.

La durée de la floraison est généralement plus courte en montagne. Cela est évident pour les plantes qu'on rencontre fleuries en plaine presque toute l'année ; en haute montagne, la période de végétation ne durant que trois ou quatre mois, la durée de la floraison est toujours inférieure à ce temps. Mais cette réduction de durée s'observe aussi chez les végétaux qui ont une moins longue floraison, par exemple ceux qu'on trouve fleuris en plaine pendant trois mois, et qui ne le sont, en montagne, que six semaines environ.

II. — Morphologie externe.

La dimension des fleurs varie peu en général avec l'altitude ; mais, les autres parties aériennes de la plante étant toujours beaucoup plus petites, les fleurs semblent plus grandes en montagne.

Plusieurs biologistes ont affirmé que les fleurs étaient

effectivement plus grandes. Je ne citerai que le Dr A. Grunthart (1) :

« Les fleurs alpines réussissent à attirer nos regards par leur coloris superbe, qui est encore plus brillant et plus riche dans ces contrées-là et plus relevé par la couleur verte du gazon que dans les plaines ; par leur grandeur plus considérable, par leur parfum plus suave et plus pénétrant. A les considérer plus exactement, on trouve encore plus de différences entre elles et les membres de leur famille vivant dans la plaine. Nous y apercevons une autre disposition des fleurs avec du nectar caché plus profondément ; nous y trouvons des fleurs qui se bornent principalement ou bien uniquement à l'autofécondation. On en trouve d'autres qui se servent de même du croisement. »

Des mesures exactes faites sur les pièces florales des plantes alpines et des plantes de plaine des mêmes espèces (entre autres celles qui sont mentionnées dans la deuxième partie de ce travail) montrent que, contrairement à la remarque de A. Grunthart, la grandeur des fleurs n'est pas plus considérable en altitude. Mais, si l'on compare la grandeur de la fleur à celle de la hauteur totale de la plante ou à celle des feuilles aux hautes et aux basses altitudes, on en conclut qu'en montagne le développement relatif de la fleur est beaucoup plus grand que celui des autres parties aériennes de la plante. Ainsi la longueur de la corolle d'une fleur de *Lotus corniculatus* est, relativement à la longueur de sa tige, dans les échantillons du sommet du Pic du Midi, environ quinze fois plus grande que dans les échantillons pris en plaine. Relativement aux dimensions de la feuille, elle est à peu près sept fois plus grande pour les échantillons du Pic. Mais les dimensions absolues de la fleur varient très peu avec l'altitude.

La coloration des fleurs est en général plus intense en montagne, sans toutefois que le maximum de coloration de la fleur coïncide nécessairement avec l'altitude limite de végétation de l'espèce considérée. Ainsi le Solidago Virga aurea L. atteint

(1) Dr A. GRUNTHART, Biologie des fleurs appartenant à la flore alpine *Schroëter*, p. 675).

son maximum de coloration dans les Pyrénées et dans les Alpes vers 1 200 à 1 300 mètres, altitude à laquelle les grappes de capitules ont une couleur jaune orangé ; au-dessus de cette altitude, la coloration diminue tout en restant cependant, en général, un peu plus vive qu'en plaine. Cette observation a d'ailleurs été déjà faite par Gaston Bonnier sur un certain nombre d'espèces. D'autre part, pour le parfum, les fleurs ont aussi une altitude optima ; ceci est bien connu des distillateurs d'essences de fleurs.

Si la fleur présente en général les mêmes dimensions absolues, *le nombre de fleurs croissant sur un même pied diminue avec l'altitude. Toutefois, chez les Composées et chez les familles à inflorescence agglomérée* rappelant celle des Composées (comme les Dipsacées, les Plombaginées, etc.), *chaque capitule ou inflorescence porte à peu près le même nombre de fleurs ; l'altitude produit une réduction dans le nombre de ces inflorescences.* Il semble qu'ici l'unité florale n'est plus la fleur, mais le capitule.

Cette réduction dans le nombre d'unités florales est tout à fait remarquable, *et la plupart des espèces qui sont ubiquistes deviennent uniflores, prises à leur altitude limite de végétation ; à cette altitude, les Composées n'ont plus qu'un seul capitule.*

La longueur du pédoncule diminue avec l'altitude.

Cette réduction d'élongation a été observée pour les entre-nœuds et pour les tiges par beaucoup d'auteurs. *Les entre-nœuds des inflorescences sont bien plus courts en montagne, ce qui donne à ces inflorescences une apparence plus compacte ; cette disposition est avantageuse pour la plante dans la lutte contre le froid.*

Le calice des fleurs et les bractées des capitules sont en général plus épais et d'un vert plus sombre en montagne. Une semblable observation a déjà été faite par plusieurs auteurs pour les feuilles.

Lorsque le calice et les bractées portent des poils en plaine, la villosité augmente avec l'altitude.

Les plantes qui ont un calice caduc le conservent très souvent un peu plus longtemps en montagne.

Pour les autres parties de la fleur, l'altitude ne produit pas de changements dans la morphologie externe; mais l'étude anatomique révèle son influence.

III. — Anatomie.

Les modifications anatomiques causées par l'altitude sont d'autant plus accentuées que les tissus considérés sont plus extérieurs dans la fleur ou dans l'inflorescence.

C'est une loi générale résumant toutes les observations qui vont suivre. Ce sont les épidermes qui présentent les différences les plus grandes; aussi vais-je résumer à part ces modifications.

Les épidermes du pédoncule, du calice et (dans les boutons seulement) de la corolle, présentent en général avec l'altitude une plus grande épaisseur de la cuticule et un allongement dans la direction perpendiculaire à la surface de ces épidermes. Les poils épidermiques sont toujours plus nombreux; ils sont aussi plus gros, ce qui correspond à la plus grande villosité déjà signalée.

Dans un jeune bouton floral, les épidermes de la corolle sont semblables à ceux du calice, sauf que la cuticule est en général un peu moins épaisse que pour ce dernier. A mesure que le bouton se développe, cette cuticule devient plus mince, et les cellules forment vers les deux faces une petite saillie arrondie.

Pour un bouton plus âgé, ces saillies sont de plus en plus accentuées à mesure qu'il s'agit d'une région plus rapprochée du sommet du pétale.

Lorsque le bouton floral arrive à son épanouissement, ces saillies se développent encore davantage, et leur extrémité, d'abord arrondie, prend finalement une forme pointue.

Ces trois stades d'une cellule épidermique de pétale mar-

quent le développement d'une papille. Arrivée au troisième stade, la papille est complètement formée. Toutefois, au moment de l'épanouissement floral, les papilles ne sont complètement développées que vers le sommet de la corolle, ce qui explique la différence de velouté que l'on peut alors observer. La base de la corolle est plus mate parce que les cellules épidermiques y ont encore leur sommet arrondi, tandis que plus haut dans la fleur les fines pointes des papilles formant comme de petits poils très fins de velours donnent un reflet et un éclat différents.

Ce développement des papilles florales, que je n'ai vu décrit dans aucun auteur, est beaucoup plus marqué sur l'épiderme interne de la corolle, c'est-à-dire sur l'épiderme supérieur des pétales.

Les papilles de la corolle, dans une fleur épanouie de montagne, sont plus longues; elles sont aussi plus serrées parce que leurs bases sont plus étroites, ainsi que je l'ai déjà fait observer précédemment (1). La différence d'éclat si souvent signalée entre les fleurs de plaine et les fleurs de montagne d'une même espèce s'explique par cette différence anatomique des papilles épidermiques. En effet, dans un pétale d'une fleur de montagne, les papilles plus serrées, plus allongées et plus étroites donnent à la fleur un plus beau « velouté ».

Les cellules épidermiques des filets d'étamines et des anthères présentent quelquefois un léger allongement radial en montagne; mais, en général, celles de l'ovaire ne subissent aucune modification.

Il n'en est pas de même des papilles du stigmate, qui sont toujours plus longues et plus serrées dans les fleurs de montagne.

Si, au lieu d'étudier les cellules épidermiques des corolles dans les coupes perpendiculaires à leur surface, on écorche

(1) M. LARBAUD, Anatomie des fleurs d'une même espèce à diverses altitudes (*C. R. Académie des Sciences*, 12 juin 1922).

cet épiderme pour étudier sa surface, on peut faire les trois remarques suivantes :

Dans les fleurs de montagne :

1^o *Les cellules ont une surface moindre, ce qui correspond à la moins grande largeur signalée précédemment ;*

2^o *Le contour cellulaire est beaucoup plus sinueux ;*

3^o *Les stomates sont plus nombreux surtout dans l'épiderme supérieur de la fleur.* Cette dernière observation coïncide avec celle qui a été faite par Gaston Bonnier sur les feuilles.

En montagne, toutes les cellules parenchymateuses de la fleur, comme celles des autres parties de la plante, ont, en général, des dimensions plus petites. Leur forme est généralement polyédrique ; elles sont réunies en tissus plus serrés ; les lacunes et les méats sont plus petits et plus rares ; enfin les parois cellulaires sont plus épaisses qu'en plaine.

A ces caractères généraux des tissus floraux, j'ajouterai les caractères différentiels propres à chaque partie de la fleur.

PÉDONCULE. — 1^o *Généralement, en montagne, on constate que l'assise sous-épidermique présente le caractère palissadique, caractère qui ne se retrouve pas dans le pédoncule des mêmes espèces de plaine ;*

2^o *Le cylindre cortical a quelques assises cellulaires de plus ;*

3^o *Les vaisseaux ligneux ont, aux hautes altitudes, des parois plus lignifiées et une lumière plus petite, mais leur section totale (paroi comprise) a sensiblement la même surface ;*

4^o *Le cylindre central est formé d'un moins grand nombre de cellules.*

CALICE. — *Les pièces du calice présentent, en montagne, pour l'assise sous-épidermique et les vaisseaux ligneux, les mêmes modifications que le pédoncule. De plus, les assises du mésophylle sont en plus grand nombre. Ce caractère correspond à la plus grande épaisseur des sépales signalée dans l'étude morphologique.*

COROLLE. — *Le mésophylle est toujours plus développé en*

montagne. Le bois se distingue très mal en plaine, où les parois des vaisseaux ligneux sont très minces. Au contraire, dans les corolles des fleurs de montagne, ces vaisseaux sont assez visibles et leurs parois sont plus épaisses.

ÉTAMINES. — *La réduction d'élongation signalée sur le pédoncule s'observe aussi sur le filet des étamines dans les échantillons montagnards. Les sacs polliniques y sont plus allongés et les grains de pollen parfois plus abondants.*

PISTILS. — *En montagne, le tissu des feuilles carpellaires est toujours plus épais et les placentas plus développés. Les ovules sont plus gros, mais généralement ils sont moins nombreux.*

Certaines fleurs possèdent des nectaires bien différenciés ou au moins des tissus nectarifères.

NECTAIRES. — *Dans les fleurs où il y a des nectaires bien différenciés, ces organes sont plus étendus et plus proéminents dans les échantillons de montagne. S'il y existe seulement des plages nectarifères, celles-ci s'avancent plus profondément dans les tissus de la fleur et ont une plus grande surface sécrétrice. Cette conclusion ne concorde pas avec le passage du Dr A. Grunthart, cité plus haut, disant que le nectar est caché plus profondément dans les plantes de montagne.*

Enfin on peut rencontrer des CANAUX SÉCRÉTEURS dans diverses parties de la fleur.

CANAUX SÉCRÉTEURS. — *Dans les hautes altitudes, ces canaux sont toujours plus développés ; leur diamètre est plus grand, et quelquefois leur nombre est plus considérable.*

Dans un capitule de fleur de montagne, les modifications causées par le climat alpin sont surtout accentuées pour les parties périphériques (bractées de l'involucre et fleurs du pourtour) ; elles sont à peu près nulles dans les fleurs centrales. Les bractées de l'involucre subissent des transformations analogues à celles des sépales.

Pour une même différence d'altitude, les modifications morphologiques et anatomiques sont plus ou moins accentuées, on le comprend aisément, suivant les espèces.

Ainsi, en général, une espèce que l'on rencontre dans notre flore à toutes les altitudes de la végétation phanérogamique sera moins modifiée par une différence d'altitude de 1 200 mètres qu'une autre espèce, dont la limite de végétation est précisément cette altitude.

Les plantes de montagne qui ne croissent pas normalement en plaine, mais que l'on parvient, à force de soins, à faire croître dans les jardins botaniques alpins à de basses altitudes, ne s'adaptent pas véritablement à ces conditions nouvelles. En général, elles végètent mal; quelquefois elles ont des dimensions un peu plus grandes, mais souvent elles restent de la même taille qu'aux altitudes où elles ont été récoltées. Cependant elles acquièrent quelques caractères des plantes de plaine. Ainsi leurs fleurs perdent toujours de leur éclat par la diminution des couleurs et la réduction des papilles, et la villosité diminue. L'exemple des Edelweiss de plaine, qui prennent une couleur gris verdâtre et qui perdent peu à peu le duvet blanc qui fait leur éclat en montagne, est facile à observer. Généralement, l'appareil reproducteur s'atrophie, le pollen ne mûrit pas, les grains restent agglomérés dans les sacs polliniques, les ovules ne sont pas fécondés et sont toujours plus petits.

Enfin ces plantes ne peuvent pas vivre longtemps, surtout si elles doivent lutter avec les plantes indigènes. Il faut sarelér le terrain qui les entoure, autrement elles périssent très rapidement, et, même avec cette précaution, certaines plantes alpines se conservent difficilement plus de deux ou trois ans.

Des observations analogues peuvent être faites sur des plantes de plaine qui ne croissent pas normalement en montagne et qu'on transporte dans les jardins alpins de hautes altitudes.

L'ensemble de ces conclusions permet de répondre d'une

façon satisfaisante à cette question : comment une plante qui croît à des altitudes très diverses arrive-t-elle à protéger les parties délicates de la fleur et à assurer la maturité des organes de reproduction en montagne ?

La fleur se protège contre les rigueurs du climat des hautes altitudes par un plus grand développement des tissus dits de protection et surtout par une adaptation spéciale des épidermes. Les modifications anatomiques causées par l'altitude sont d'autant plus accentuées que les tissus considérés sont plus extérieurs dans la fleur ou dans l'inflorescence. Ce sont les organes de reproduction qui subissent le moins de modifications ; tout dans la plante concourt à leur protection, à l'uniformité de leurs conditions de développement et, par suite, à leur stabilité.

Mais, si l'on considère que les plantes des hautes altitudes sont vivaces, qu'elles ne se reproduisent généralement pas par des graines, mais par des procédés spéciaux de bouturage (1), on se demande pourquoi tout l'appareil aérien des plantes alpines concourt à protéger la fleur, pourquoi celle-ci conserve ses dimensions alors que toutes les autres parties subissent une très forte réduction et surtout pourquoi les organes reproducteurs si protégés n'ont, le plus souvent, aucune utilité. C'est à la philosophie de répondre à cette question qui sort du cadre des recherches expérimentales. Celles-ci permettent de noter des faits, de trouver leurs causes et de les résumer dans des lois physico-chimiques ; mais il faut avouer qu'il y a d'autres causes qui dépassent le champ de nos observations et de nos expérimentations.

(1) J. BOUGET, Sur un mode de reproduction spécial à la zone alpine supérieure. — Observations faites au Jardin botanique alpin du Pic du Midi, à 2 850 mètres (Extraits des *Comptes Rendus de l'A. F. A. S.*, 1907).

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. BONNIER (GASTON). — Étude sur la physiologie des Nectaires (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXV, p. 262, 1878).
2. — Étude anatomique et physiologique des Nectaires (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXXVIII, p. 662, 1879).
3. — Les Nectaires (*Annales des Sciences naturelles*, Botanique, 6^e série, t. VII, p. 5, avec planches, 1879).
4. — Sur la structure de quelques appendices des organes floraux (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXVI, p. 177, 1879).
5. — Observations sur la flore alpine d'Europe (*Annales des Sciences naturelles*, 6^e série, t. X, p. 5, 1880).
6. — De la variation avec l'altitude des matières colorées des fleurs chez une même espèce végétale (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXVII, p. 103, 1880).
7. — Les origines de la flore arctique et de la flore alpine (*Revue scientifique*, 2^e série, t. XVIII, p. 1214, 1880).
8. — Sur la présence normale des bractées dans l'inflorescence des Crucifères (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXIX, p. 250, 1882).
9. — Sur les différentes formes de fleurs de la même espèce (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXI, p. 240, 1884).
10. — Sur la distribution des plantes aux environs du Bourg-d'Oisans (Isère) (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXI, p. 287, 1884).
11. — Sur quelques plantes annuelles ou bisannuelles qui peuvent devenir vivaces aux hautes altitudes (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXI, p. 306, 1884).
12. — Note sur des cultures comparées des mêmes espèces à diverses altitudes (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXIV, p. 467, 1887).
13. — Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation et les fonctions des plantes (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXV, p. 436, 1888).
14. — Études sur la végétation de la vallée de Chamonix de la chaîne du Mont-Blanc (*Revue générale de Botanique*, t. I, p. 28, 79, 146 et 204 avec une carte, 1889).
15. — Observations sur les Renonculacées de la flore de France (*Revue générale de Botanique*, t. I, p. 330, 390, 439, 551 et 631, avec figures et une planche hors texte, 1889).
16. — Études sur la végétation de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées)

- (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 97, 145, 217 et 241, avec une carte, 1890).
17. BONNIER (GASTON). — Cultures expérimentales dans les hautes altitudes (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CX, p. 363, 1890).
 18. — Observations sur les Berbéridées, Nymphéacées, Papavéracées et Fumariacées de la flore de France (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 276, 446 et 549, avec figures, 1890).
 19. — Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXI, p. 377, 1890).
 20. — Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 513, avec figures et 4 planches hors texte, 1890).
 21. — Variations de structure chez les mêmes espèces (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 2^e session, Marseille, 2^e partie, p. 521, 1891).
 22. — La flore des Pyrénées comparée à celle des Alpes françaises (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 21^e session, Pau, 2^e partie, p. 396, 1892).
 23. — Les plantes arctiques comparées aux mêmes espèces des Alpes et des Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. VI, p. 503, avec quatre planches, 1894).
 24. — Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu (*Annales des Sciences naturelles*, 6^e série, t. VII, p. 93, 1878).
 25. — Recherches expérimentales sur l'adaptation des plantes au climat alpin (*Annales des Sciences naturelles Botanique*, 7^e série, t. XX, 1895).
 26. — Modifications des fonctions des végétaux soumis expérimentalement au climat de la région alpine (*Comptes rendus des séances de la Société de biologie*, 1895).
 27. — Nouvelles observations sur les cultures expérimentales à diverses altitudes. Cultures par semis (*Revue générale de Botanique*, t. XXXII, août 1920; *C. R. Acad. sc.*, t. CLXIX, 1136; t. CLXX, 1356).
 28. — *Flore complète de la France, Suisse et Belgique*.
 29. GASTON BONNIER et JEAN FRIEDEL. — Sur les entre-nœuds de la fleur (*Revue générale de Botanique*, t. XXVIII, 1916).
 30. BEILLE. — Recherches sur le développement floral des Disciflores (*Thèse de Paris*, 1902).
 31. — Recherches sur l'organogénie des fleurs obdiplostémones (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, 1902).
 32. BOUGET et MARCHAND. — Le Jardin botanique alpin de l'Observatoire du Pic du Midi (*Bulletin de la Société Ramond*, 1901).
 33. BOUGET. — Quelques observations sur la marche de la végétation faites au Jardin de l'Observatoire du Pic du Midi (*C. R. de l'A. F. A. S.*, Congrès de Cherbourg, 1905).
 34. — Observations faites au Jardin botanique alpin de l'Observatoire du Pic du Midi (*C. R. de l'A. F. A. S.*, Congrès de Lyon, 1906).
 35. — Sur un mode de reproduction spécial à la zone alpine supérieure (*Bulletin de la Société Ramond et C. R. de l'A. F. A. S.*, 1907).
 36. — Sur quelques points de géographie botanique dans les Pyrénées centrales françaises (*Bulletin de la Société Ramond*, 4^e trimestre, 1908).

37. BOUGET. — La distribution des végétaux en altitude dans les Pyrénées (*C. R. de l'A. F. A. S. Congrès de Clermont-Frérand*, 1908).
38. — Sur les variations morphologiques du *Gagea Liottardi* suivant l'altitude (*Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des Sciences*. Congrès de Lille, 1909).
39. — Note sur la végétation de la bande septentrionale des terrains secondaires dans les Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. XXII, 1910).
40. — De l'influence des neiges sur la répartition des différents végétaux à la même altitude dans les zones élevées des Pyrénées (*Revue générale de Botanique*, t. XXX, 1918).
41. CURTEL. — Recherches physiologiques sur la fleur (*Annales des Sciences naturelles*, 8^e série, t. VI, 1898).
42. DECAISNE et LE MAOUT. — *Traité de Botanique*.
43. DUFOUR. — Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles (*Annales des Sciences naturelles. Botanique*, 7^e série, t. V, 1887).
44. EICHLER. — *Blüthendiagramme*, 1875.
45. GATIN (M^{me}). — Recherches anatomiques sur le pédoncule et sur la fleur des Liliacées (*Thèse de Paris*, 1920).
46. GRÉLOT. — Recherches sur le système libéro-ligneux floral des Gamopétales bicarpellées (*Thèse de Paris*, 1898).
47. HAUMANN. — La végétation des Hautes-Cordillères de Mendoza (*Anales de la Sociedad científica Argentina*, t. CXXXVI, 1918).
48. HENSLOW. — On the vascular system of floral organs and their importance in the interpretation of the morphology of flowers (*Linn. Journ. Botany*, 1889).
49. — On the structure of a Cruciferous flower (*Trans. Linn. Soc.*, 2nd. Ser., Bot., vol. I, p. 191).
50. LABORIE. — Recherches sur l'anatomie des axes floraux (*Thèse de Paris*, 1888).
51. LARBAUD (MARGUERITE). — Nouvelle technique pour les inclusions et les préparations microscopiques des tissus animaux et végétaux (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 mai 1921).
52. — Anatomie des fleurs d'une même espèce à diverses altitudes (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 juin 1922).
53. — Anomalies dans les fleurs d'*Armeria alpina* Wild. (*Annales du Muséum national d'Histoire naturelle*, juin 1922).
54. — Structure des fleurs de quelques plantes ubiquistes à diverses altitudes (*Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 26 juin 1922).
55. LECLERC DU SABLON. — Recherches sur la déhiscence et la structure des anthères (*Annales des Sciences naturelles*, 7^e série, 1897).
56. LIGNIER. — Explication de la fleur des Fumariacées d'après son anatomie (*C. R.*, t. CXXII, mars 1896).
57. LUBBOCK. — *British wild Flowers in relations to Insects*, London, 1875.
58. MÜLLER (HERMANN). — *Die Befruchtung der Blumendurch Insekten*, Leipzig, 1873.
59. OFFNER. — Notes sur la flore printanière de l'Oisans (*Bulletin de l'Association française de Botanique*, juillet 1900).
60. OFFNER et VIDAL. — Sur la flore méridionale des environs de Grenoble et de quelques régions voisines (*Bulletin de la Société botanique*, t. V, 1905).

61. OFFNER. — Les territoires de refuge de la flore alpine (*Annales de Géographie*, t. XVIII, 15 juillet 1909).
 62. — La flore du Massif des Grandes-Rousses (*Revue générale de Botanique*, t. XXI, 1909).
 63. — Les étages de végétation du Massif du Vercors (*Revue de Géographie alpine*, t. VIII, 1920).
 64. PARMENTIER. — Recherches sur le pollen des Dialypétales (*Journal de Botanique*, 1901).
 65. PAYER. — *Traité d'organogénie comparée de la fleur*, Paris, 1857.
 66. PÉCHOULTRE. — *Biologie florale*.
 67. PERRIER DE LA BATHIE. — *Catalogue raisonné des plantes de la Savoie*.
 68. PITARD. — Recherches sur l'anatomie comparée des pédicelles floraux et fructifères (*Thèse de Paris*).
 69. SCHRÖTER. — *Das Pflanzenleben der Alpen*, 1908.
 70. SONGEON. — Anatomie des organes végétatifs des plantes de Savoie (*Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Savoie*, 1900).
 71. VAN TIEGHEM. — *Recherches sur la structure du pistil et sur l'anatomie comparée de la fleur*, 1871.
 72. — Observations sur la structure et la déhiscence des anthères des Loranthacées, suivies de remarques sur la structure et la déhiscence des anthères en général (*Bulletin de la Société botanique*, 24 mai 1895).
 73. — Mémoires sur les canaux sécréteurs des plantes (*Annales des Sciences naturelles. Botanique*, 5 série, 1872; 7^e série, 1888).
 74. VIDAL. — Recherches sur le sommet de l'axe dans la fleur des Gamopétales (*Thèse de Paris*, 1900).
 75. WARMING. — Études sur les Composées (*Annales des Sciences naturelles. Botanique*, 6^e série, t. V).
-

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

M. C. Schröter, professeur au Polytechnicum de Zurich, vient de publier le premier des trois fascicules qui formeront la seconde édition de son ouvrage :

DAS PFLANZENLEBEN DER ALPEN.

C'est un remaniement complet de l'édition de 1908, citée plus haut, avec de nombreuses et intéressantes additions. La rédaction du présent mémoire étant achevée lorsque parut la première livraison de l'ouvrage de Schröter, je crois utile d'en donner ici une analyse sommaire et de signaler les passages présentant quelques analogies avec mes recherches.

Ce premier fascicule comprend trois parties. Je n'insisterai pas sur les deux premières. L'auteur établit les limites des différentes régions et zones végétales dans les Alpes; il analyse les conditions de la vie des plantes dans ces diverses zones en considérant tous les facteurs qui constituent le climat ainsi que la composition chimique du sol, et il fixe les groupements des familles de plantes d'après la nature du terrain.

La troisième partie est formée par une quarantaine de monographies de plantes exclusivement alpines. Leurs caractères morphologiques, anatomiques et biologiques les plus importants sont exposés. Les exemples choisis ont tous des tiges ligneuses et appartiennent aux familles suivantes : Abiétinées, Cupressinées, Bétulinées, Éricinées, Vacciniées, Empétrées, Rosacées, Daphnoidées, Rhamnées, Globulariées, Salicinées, Linnées, Renonculacées, Caprifoliacées et Polygalées. L'auteur a choisi des espèces ne croissant que dans les zones alpine et subalpine; on ne rencontre donc, dans cet ouvrage, aucune des plantes ubiquistes que j'ai étudiées. Ce sont surtout les caractères généraux propres aux plantes alpines et les caractères particuliers de chaque espèce qui sont exposés. Quelquefois cependant l'auteur s'occupe de l'influence de la différence d'altitude sur une espèce déterminée.

Ainsi pour le *Daphne Mezereum* L. (p. 278), il fait remarquer que le tube de la corolle, au fond duquel se trouve le nectar, a une profondeur et une largeur qui varie suivant l'altitude. Dans les hautes montagnes, le nectar est caché plus profondément au fond du tube. Cette remarque ne coïncide pas avec celles que j'ai faites pour quelques plantes ubiquistes nectarifères; j'ai toujours trouvé ce tissu plus développé en haute altitude et remontant plus haut sur les parties florales qui le portent (*Brassica oleracea* L., *Biscutella laevigata* L., *Silene inflata* Sm.). Pour expliquer la modification qu'il observe dans le *Daphne Mezereum*, M. C. Schröter adopte la théorie d'Hermann Müller; il y voit une adaptation à la forme des Insectes visiteurs variant avec l'altitude. Il note que les papillons qui visitent le *Daphne striata* Tratt. ont une trompe atteignant au moins 10 millimètres de long. Le *Daphne striata* croît à une altitude beaucoup plus élevée que le *Daphne Mezereum*. J'ai dit

plus haut ce que je pense de cette théorie et comment, par mes observations personnelles, j'ai été appelé à me ranger à l'avis de Gaston Bonnier, qui a étudié cette question dès le début de ses recherches scientifiques.

Pour le *Dryas octopelata* L., l'auteur mentionne (p. 269) le retard causé pour la floraison par l'accroissement de l'altitude; à 450 mètres d'altitude, la plante fleurit en mai, tandis que la floraison se produit de juin à août dans la zone habituelle de végétation de cette espèce (zone alpine). Le *Salix herbacea* L. (p. 309), qui fleurit en Suède (67^e degré de latitude nord, 900 mètres d'altitude) deux ou trois semaines après le dégel, fleurit de juin à août dans la zone alpine. Ces deux observations sont à l'appui de mes conclusions.

Une remarque très intéressante encore sur l'*Empetrum nigrum* L. (p. 260), espèce qui peut croître jusqu'à 3 040 mètres d'altitude. Vers cette limite supérieure de sa végétation, l'*Empetrum* ne donne des fleurs fécondées que dans les parties très ensoleillées; partout ailleurs, on trouve des plantes stériles. La reproduction serait alors assurée par des graines apportées des régions plus basses par les oiseaux.

Comparant les plantes d'*Empetrum nigrum* qui croissent près des pôles à celles qu'on trouve dans les hautes montagnes, l'auteur remarque (p. 258) que, dans la zone alpine, les pieds monoïques sont très fréquents; les dioïques le sont moins, et ce sont les plantes hermaphrodites qui sont les plus rares. Pour les plantes arctiques, la fréquence est en sens inverse.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

Lychnis dioica L. — P, coupe transversale dans un bouton de fleur mâle de plaine. Coupe passant par les anthères des cinq étamines courtes et par les filets des cinq étamines longues. — M, même coupe dans une fleur de montagne (1 200 mètres d'altitude) ; remarquer la plus forte villosité du calice, la plus grande épaisseur des pétales et le développement plus avancé des anthères à l'intérieur du bouton.

PLANCHE II

Lychnis dioica L. — Mêmes fleurs que dans la planche I, mais les coupes P et M sont pratiquées plus près de la base de la fleur, pour montrer les dix filets des étamines, qui sont de deux sortes.

Biscutella lævigata L. — P et P', coupes transversales dans des boutons de fleurs récoltés en plaine (Jardin botanique alpin du parc de la Tête-d'Or à Lyon). Les plantes portant ces fleurs sont depuis trois ans en plaine ; elles proviennent de la montagne. — P', fleurs plus jeunes que P. Remarquer dans ces trois fleurs la forme concave des sacs polliniques, l'agglomération des grains de pollen, qui ne semblent pas destinés à mûrir, et la taille très réduite de feuilles carpellaires. — M, même coupe dans un bouton de montagne (2 100 mètres d'altitude). Les enveloppes florales sont plus épaisses.

PLANCHE III

Brassica oleracea L. — Coupes transversales pratiquées à différentes hauteurs dans un bouton de fleur de montagne (1 200 mètres d'altitude). Ces coupes faites à partir de la base de la fleur, 1, 2, 3..., jusqu'au sommet du stigmate 8, montrent la disposition et le développement des diverses pièces florales à l'intérieur du bouton.

S = sépales. N = nectaires. Ov = ovules.

P = pétales. E = étamines. St. = stigmates.

Dans cette fleur de montagne, les nectaires sont très développés.

PLANCHE IV

Geranium pratense L. — P, coupe transversale dans un bouton de fleur de plaine, coupe passant par les six filets des étamines. — M, même coupe dans une fleur de montagne (1 200 mètres d'altitude). Les tissus sont plus denses ; le

calice et la corolle sont plus épais, les épidermes plus développés et plus allongés radialement, les poils plus longs et plus nombreux sur les bords des pétales, sur les filets des étamines et sur les parois externes des carpelles.

PLANCHE V

Lotus corniculatus L. — P, coupe transversale dans un bouton floral de plaine. Tout autour, le calice à l'intérieur duquel on trouve la base des pétales : l'étendard qui a la forme d'un fer à cheval, les deux ailes, et la carène constituée par deux parties non encore soudées. Les carpelles, qui se trouvent au centre, sont entourés par un large fer à cheval où l'on distingue neuf faisceaux libéro-ligneux; ce sont les neuf filets des étamines qui sont soudés. L'étamine libre se trouve entre les branches de ce fer à cheval, au-dessus de l'étendard. — M, même coupe dans un bouton de montagne (2 860 mètres d'altitude). Calice plus épais, plus grande villosité de la paroi interne de l'étendard, de l'étamine isolée et des deux bords du fer à cheval formé par la soudure des neuf étamines. — M', coupe dans un autre bouton de montagne (2 860 mètres d'altitude) montrant que cinq étamines (coupées dans leurs anthères) sont plus courtes que les cinq autres coupées dans leurs filets. Rapprocher cette photographie de Papilionacées, de celle du *Lychnis dioica* L. (pl. I). L'élongation du pédoncule étant diminuée, on a une coupe dans les bractées.

Dans ces coupes de *Lotus corniculatus*, beaucoup de cellules sont remplies de composés phénoliques qui sont marqués en noir sur ces photographies.

PLANCHE VI

Tragopogon pratensis L. var. *orientalis*. — P, coupe transversale dans un fragment de capitule de plaine. Coupe passant à la moitié de la hauteur des sacs polliniques. — M, même coupe dans un capitule de montagne (1 900 mètres d'altitude). Les fleurons périphériques ont une corolle (base de la ligule) bien plus épaisse. Au contraire, les fleurons centraux, beaucoup plus protégés contre les grandes variations de température, ont une corolle de même épaisseur en M et en P. Remarquer aussi la différence des stigmates dans ces deux coupes. Les petites taches noires qui sont entre les fleurons sont des sections dans les poils portés par le réceptacle.

La forme des anthères est intéressante à observer : la cloison qui sépare les deux sacs polliniques d'un même côté de l'anthère a disparu, la déhiscence s'est produite, et deux étamines communiquent entre elles par la fente de déhiscence.

PLANCHE VII

Taraxacum Dens leonis Desf. — P, coupe transversale faite dans un fragment de capitule de plaine. Coupe faite à la moitié de la hauteur des ovules. — M, même coupe dans un échantillon de montagne (2 860 mètres d'altitude); les ovules sont beaucoup plus gros.

PLANCHE VIII

Taraxacum Dens leonis Desf. — P, coupe longitudinale dans un capitule de plaine. — M, même coupe dans un capitule de montagne (2 860 mètres d'alti-

tude), ovules plus longs et plus gros ; tout à fait vers la base des carpelles, près du réceptacle, on aperçoit de très petits poils qui ne se trouvent pas en P ; un peu au-dessus de l'ovule, on observe des plissements sur les parois des carpelles qui sont bien plus gros en M. Remarquer encore en M. les poils du calice bien plus nombreux et les nectaires, à l'intérieur de ces poils, beaucoup plus gros.

PLANCHE IX

Echium vulgare L. — P, coupe longitudinal dans une cyme de plaine. — M, même coupe dans une cyme de montagne (2 100 mètres d'altitude). La villosité est plus grande, les entre-nœuds sont plus courts et le trajet des faisceaux libéro-ligneux plus sinueux.

PLANCHE X

Lilium Martagon L. — P, coupe transversale dans un bouton floral de plaine à la moitié de la hauteur des filets des étamines. — M, même coupe dans un bouton de montagne (2 000 mètres d'altitude). Remarquer la gouttière creusée dans chaque pièce du périanthe vers la nervure médiane ; à peine marquée en P dans les trois pièces internes, elle est très profondément creusée en M et porte, sur ses bords, des sortes de dentelures à papilles. Les filets des étamines, les ovules et les feuilles carpellaires sont plus gros en M. — P', coupe transversale dans le même bouton de plaine, à la moitié de la hauteur des sacs polliniques. — M', même coupe dans le bouton de montagne. Les épidermes des enveloppes florales ont une cuticule plus épaisse, les sacs polliniques sont plus grands ; la déhiscence est plus avancée et le style plus gros.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
Introduction.....	193
CHAPITRE PRÉLIMINAIRE.....	197
PREMIÈRE PARTIE. — Bibliographie	199
DEUXIÈME PARTIE. — Technique	204
TROISIÈME PARTIE. — Étude des espèces	215
RENONCULACÉES :	
<i>Ranunculus bulbosus</i> L.....	215
<i>Ranunculus acris</i> L.....	220
<i>Caltha palustris</i> L.....	224
<i>Aconitum Lycoctonum</i> L.....	228
PAPAVÉRACÉES :	
<i>Chelidonium majus</i> L.....	231
FUMARIACÉES :	
<i>Fumaria officinalis</i> L.....	233
CRUCIFÈRES :	
<i>Brassica oleracea</i> L.....	234
<i>Biscutella lœvigata</i> L.....	237
<i>Capsella Bursa-pastoris</i> Moench.....	239
CISTINÉES :	
<i>Helianthemum vulgare</i> Gærtn.....	241
VIOLACÉES :	
<i>Viola calcarata</i> L.....	244
CARYOPHYLLÉES :	
<i>Silene inflata</i> Sm.....	246
<i>Lychnis dioica</i> L.....	249
GÉRANIÉES :	
<i>Geranium pratense</i> L.....	251
<i>Geranium pyrenaicum</i> L.....	254

PAPILIONACÉES :

	Pages
<i>Anthyllis Vulneraria</i> L.....	255
<i>Trifolium pratense</i> L.....	258
<i>Trifolium repens</i> L.....	260
<i>Trifolium incarnatum</i> L.....	260
<i>Lotus corniculatus</i> L.....	261
<i>Hippocrepis comosa</i> L.....	265
<i>Onobrychis sativa</i> Lamk.....	266

RUBIACÉES :

<i>Galium Mollugo</i> L.....	268
<i>Galium verum</i> L.....	270

COMPOSÉES :

<i>Tragopogon pratensis</i> L.....	271
<i>Solidago Virga-aurea</i> L.....	275
<i>Lampana communis</i> L.....	277
<i>Bellis perennis</i> L.....	279
<i>Hieracium Pilosella</i> L.....	282
<i>Achillea Millefolium</i> L.....	283
<i>Achillea Ptarmica</i> L.....	285
<i>Taraxacum Dens-leonis</i> L.....	288

CAMPANULACÉES :

<i>Campanula Trachelium</i> L.....	290
------------------------------------	-----

BORRAGINÉES :

<i>Echium vulgare</i> L.....	292
------------------------------	-----

VERBASCÉES :

<i>Verbascum nigrum</i> L.....	293
--------------------------------	-----

LABIÉES :

<i>Salvia pratensis</i> L.....	294
--------------------------------	-----

LILIACÉES :

<i>Lilium Martagon</i> L.....	296
-------------------------------	-----

QUATRIÈME PARTIE. — Conclusions	299
--	-----

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	309
----------------------------	-----

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE.....	313
-----------------------------	-----

EXPLICATION DES PLANCHES.....	315
-------------------------------	-----

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

GÉOLOGIE :

Structure et Morphologie générales des Pyrénées.

PHYSIOLOGIE :

Physiologie de la Rétine.

Vu et approuvé :

Paris, le 22 juin 1923.

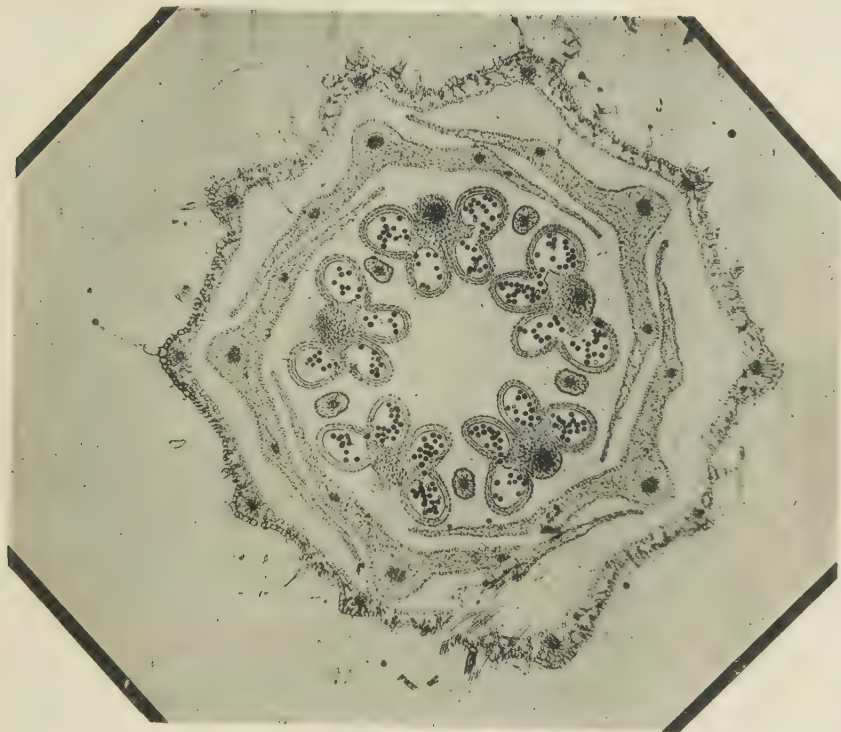
Le Doyen de la Faculté des Sciences,

M. MOLLIARD.

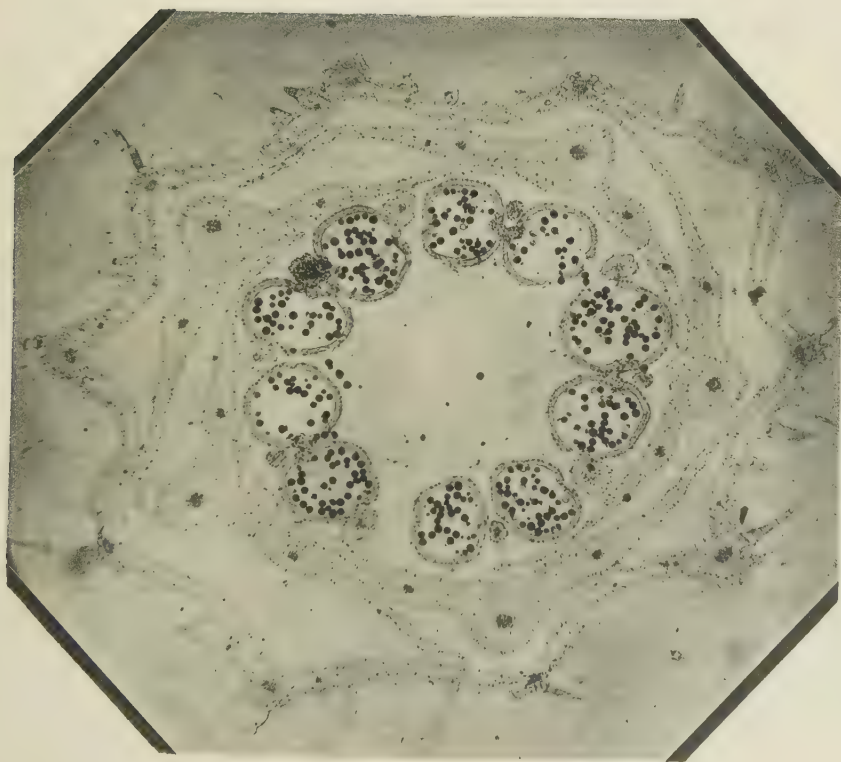
Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

P. APPELL.



P

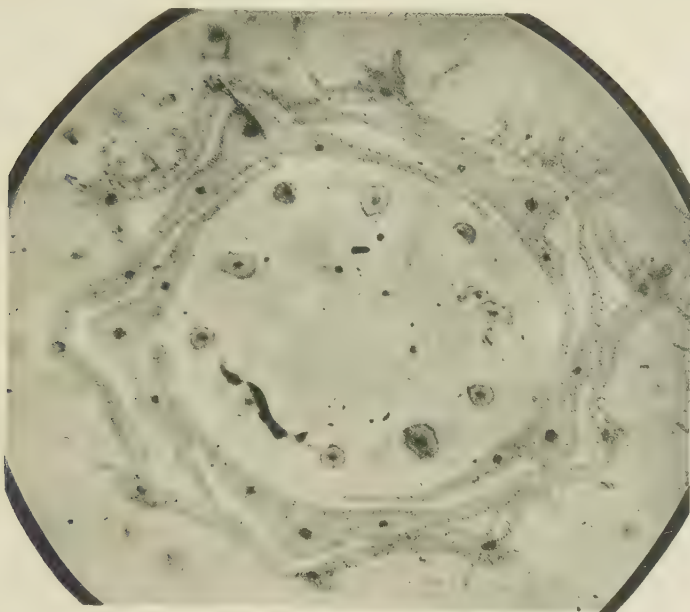


M

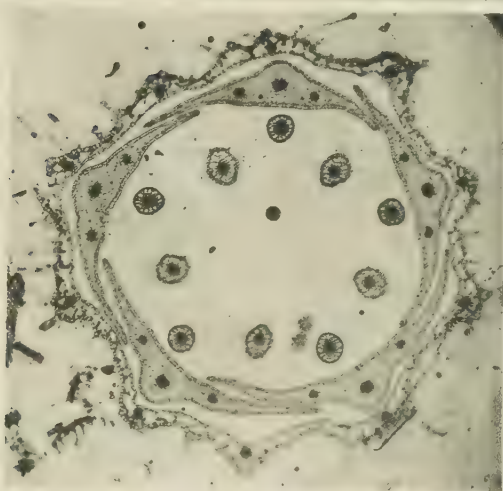
M. Larbaud. phot.

Lychnis dioica. L.

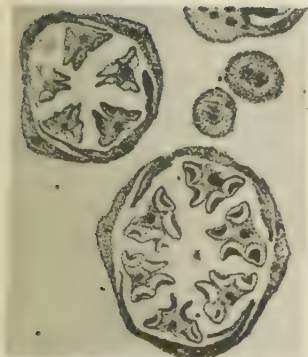
Masson et Cie, Éditeurs.



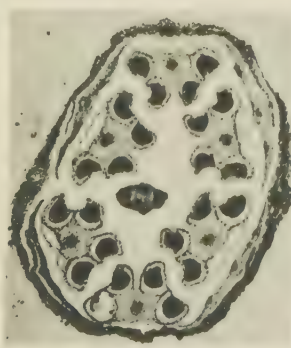
M



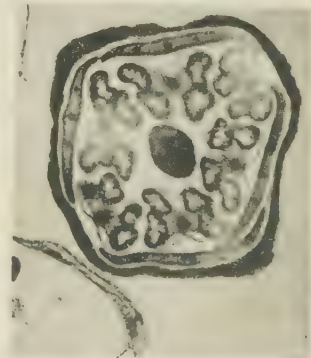
P



P'



P

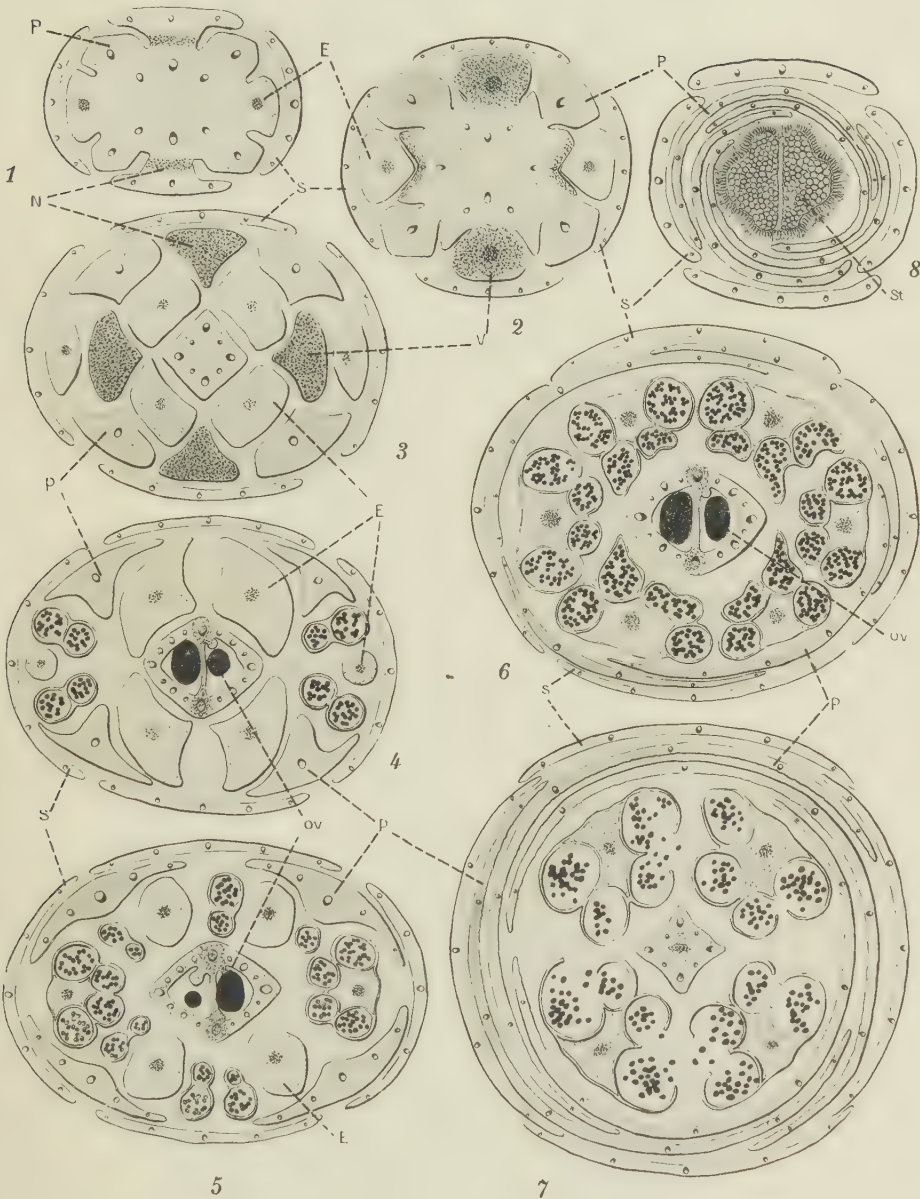


M

M. Larbaud, phot.

Lychnis dioica, L. et *Biscutella lævigata*, L.

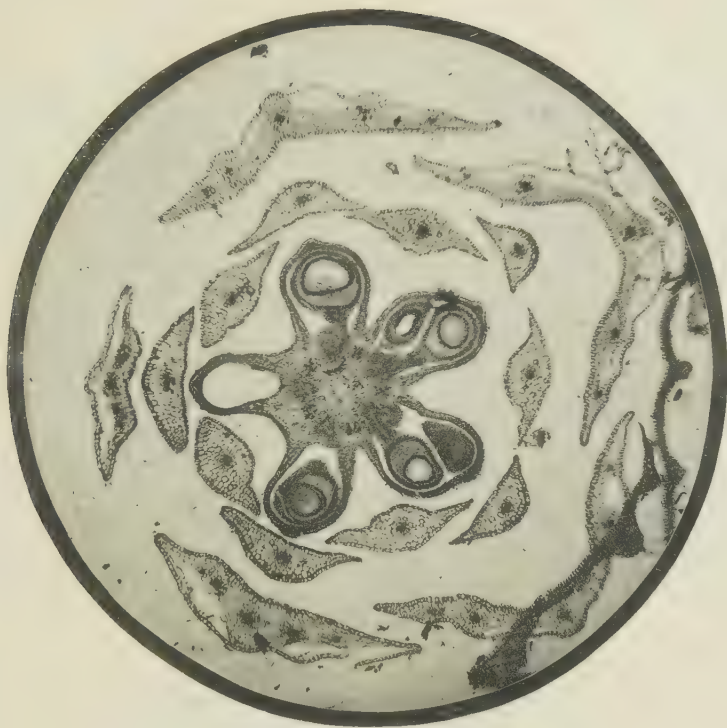
Masson et Cie, Éditeurs.



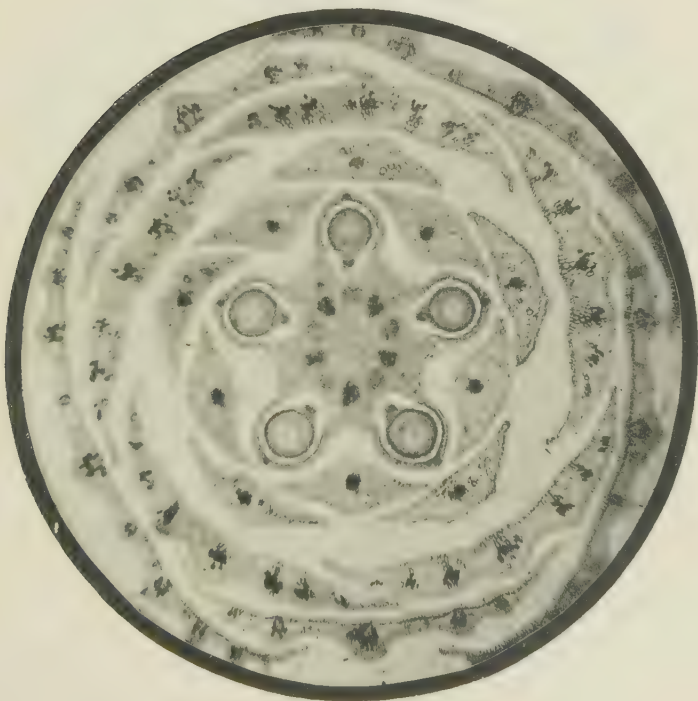
A. de Bellevue del.

Brassica oleracea. L.

Masson et Cie, Éditeurs.



P



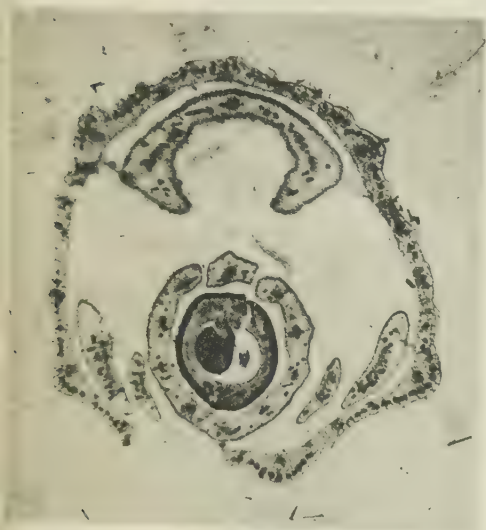
M

M. Larbaud, phot.

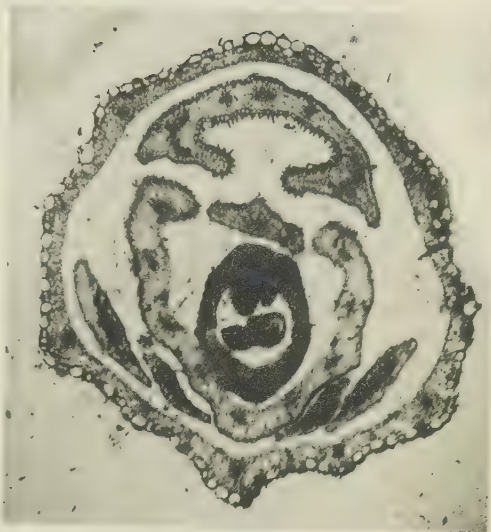
Geranium pratense. L.

Masson et Cie, Éditeurs.

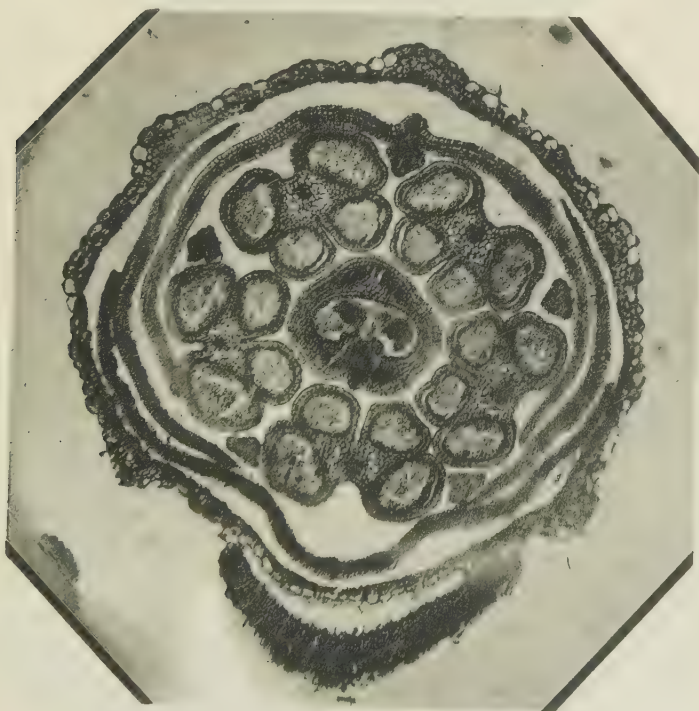




P



M

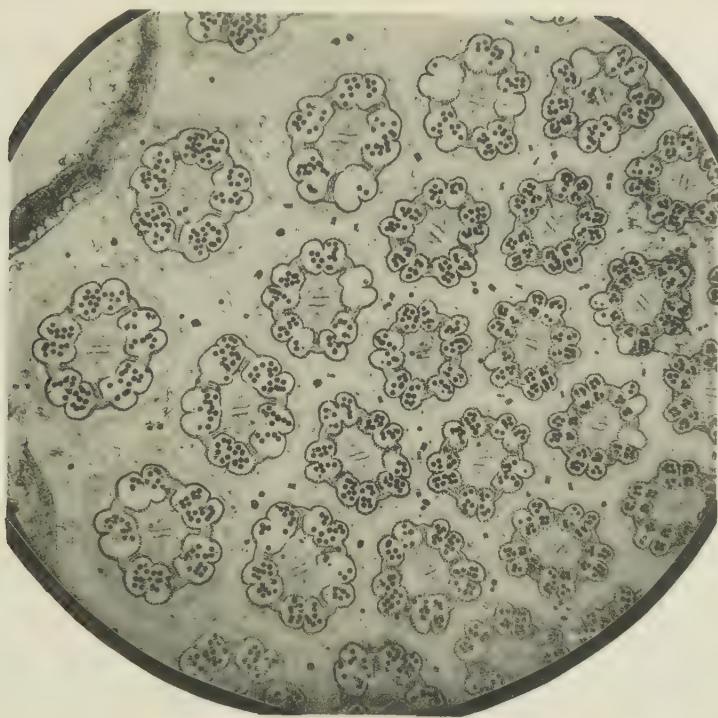


M'

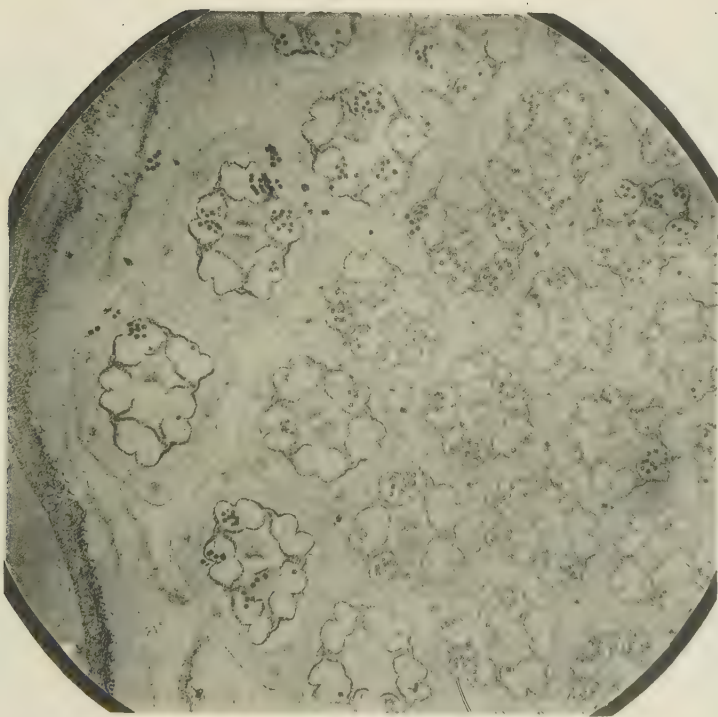
M. Larbaud, phot

Lotus corniculatus. L.

Masson et Cie, Éditeurs.



P

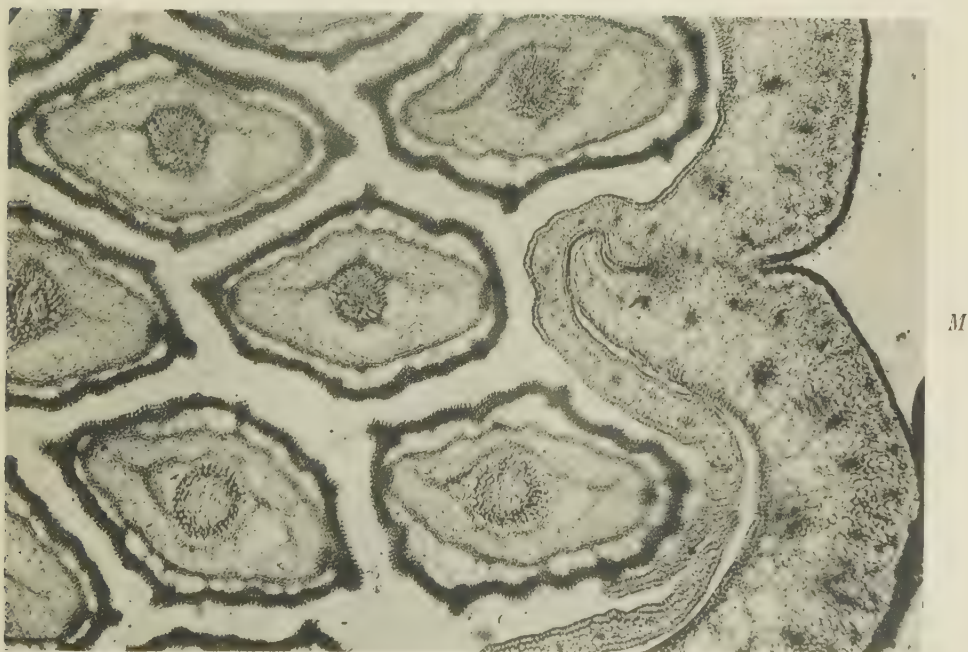
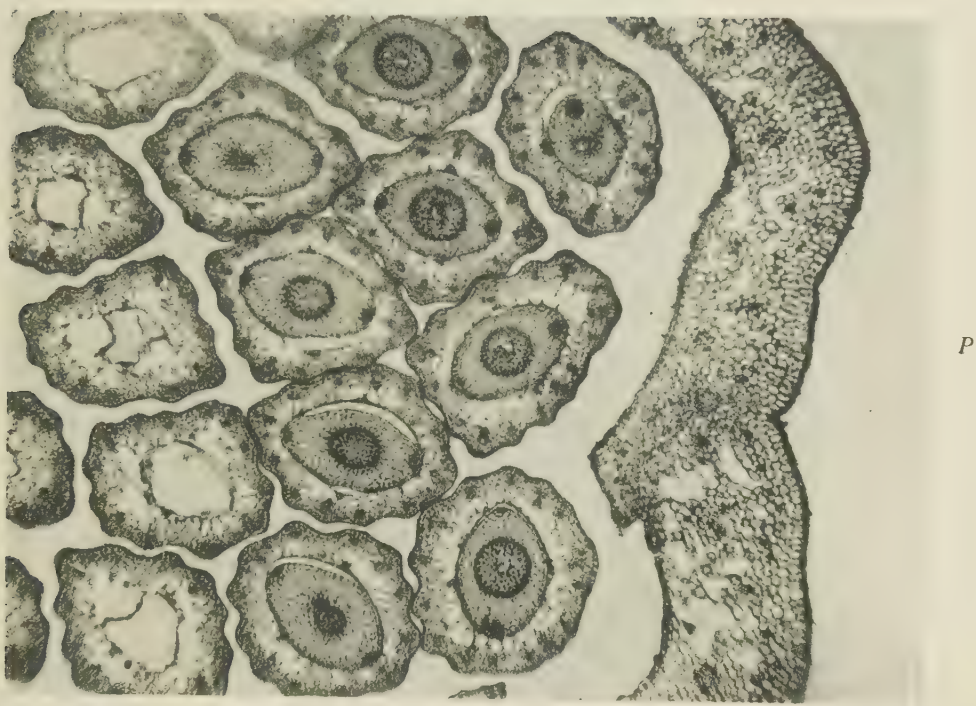


M

M. Larbaud, phot.

Tragopogon pratensis. L.

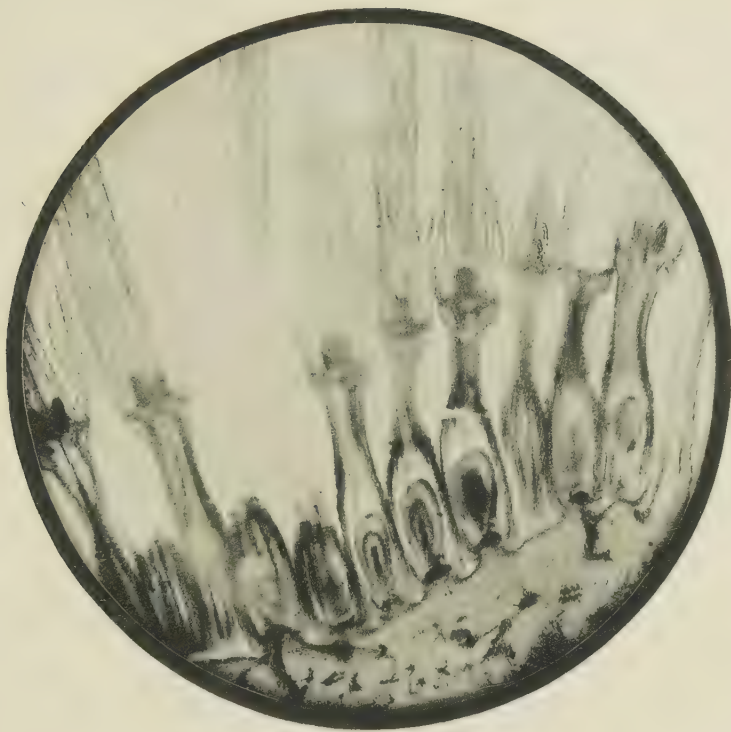
Masson et Cie, Éditeurs.



M. Larbaud, phot.

Taraxacum Densleonis Desf.

Masson et Cie, Éditeurs.



P

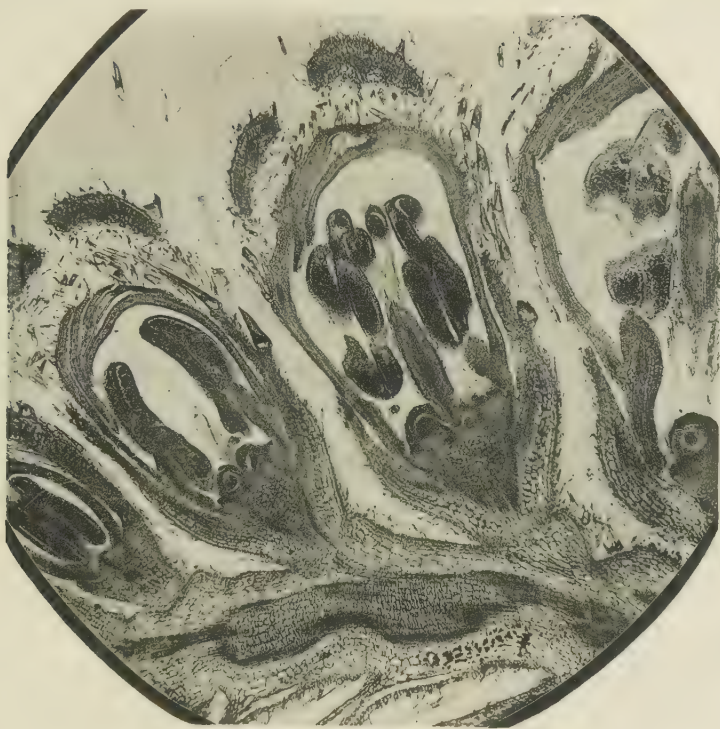


M

M. Larbaud, phot.

Taraxacum Densleonis Desf.

Masson et Cie, Éditeurs.



P



M

M. Larbaud, phot.

Echuim vulgare.

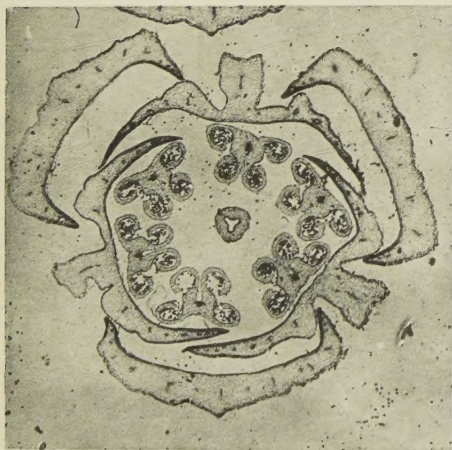
Masson et Cie, Éditeurs.



P



M



P'



M'

M. Larbaud, phot.

Lilium Martagon. L.

Masson et Cie, Éditeurs

